

เครื่องแปลงสัญญาณภาพสีเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด
768 x 574 , 574 x 574 , 512 x 574 จุดต่อภาพ

768 x 574 , 574 x 574 , 512 x 574 PIXELS OF COLOR VIDEO DIGITIZER.

อาจารย์ที่ปรึกษา
ผศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช



จัดทำโดย
นาย จรินทร์ จิตสกุล
นาย ประเสริฐ วงศ์บุญเกียรติ
นาย มนต์ชัย กาญจนไพศาล
คณะวิศวกรรมศาสตร์
ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม
สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032572



เครื่องแปลงสัญญาณภาพสีเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด
768 x 574 , 574 x 574 , 512 x 574 จุดต่อภาพ

768 x 574 , 574 x 574 , 512 x 574 PIXELS OF COLOR VIDEO DIGITIZER

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช

จัดทำโดย

นาย จรินทร์ จิตสกุล

นาย ประเสริฐ วงศ์บุญเกียรติ

นาย มนต์ชัย กาญจนภาส



คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032572

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2535

คณะวิศวกรรมศาสตร์

ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สาขาวิชา เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแปลงสัญญาณภาพสีเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด
768 x 574 , 574 x 574 , 512 x 574 จุดต่อภาพ

768 x 574 , 574 x 574 , 512 x 574 PIXELS OF COLOR VIDEO DIGITIZER

ผู้จัดทำ

34131147 นาย จรินทร์ จิตสกุล

34131118 นาย ประเสริฐ วงศ์บุญเกียรติ

34131124 นาย มนต์ชัย กาญจนภาส

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
()

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
()

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์

เครื่องแปลงสัญญาณภาพสีเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด
768 x 574 , 574 x 574 , 512 x 574 จุดต่อภาพ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. กนก เจนจิระพงศ์เวช

นักศึกษา

นาย จรินทร์ จิตสกุล
นาย ประเสริฐ วงศ์บุญเกียรติ
นาย มนต์ชัย กาญจนโฆษา

ปีการศึกษา

พ.ศ. 2535

บทคัดย่อ

ในระบบการประมวลผลภาพลักษณะ (IMAGE PROCESSING SYSTEM) ข้อมูลภาพที่ได้มานั้น จะสามารถดำเนินการประมวลผลได้จะต้องอยู่ในรูปของสัญญาณเชิงตัวเลขหรือสัญญาณดิจิทัล (DIGITAL SIGNAL) แต่เนื่องจากสัญญาณภาพที่ได้โดยทั่ว ๆ ไปจะมีลักษณะเป็นสัญญาณอนาล็อก (ANALOG SIGNAL) จึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อกที่ได้มาให้เป็นสัญญาณทางดิจิทัล อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกที่ได้มาให้เป็นสัญญาณทางดิจิทัลนั้นเราเรียกว่า DIGITIZER ซึ่งตัว DIGITIZER ก็จะต้องมีการทำงานร่วมกับเครื่องคอมพิวเตอร์ในหลาย ๆ ด้าน

Thesis Title

768 x 574 . 574 x 574 . 512 x 574 PIXELS OF
COLOR VIDEO DIGITIZER

Advisor

Assosiate Professor Dr. Kanok Jengirapongwach

Name

Mr. Jarin Jitsakul

Mr. Prasert Wongbunkiat

Mr. Monchai Karnjanapas

Academic Year

1992



ABSTRACT

In the IMAGE PROCESSING SYSTEM , the imformation of image that can be process must in numerical signal form or digital signal form , but in general the composite signal is analog signal , this signal must to be converts from the analog signal to digital signal . The devices that use to convert analog signal to digital signal is called DIGITIZER , The DIGITIZER must to operate with computer in many way.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ		
ABSTRACT		
บทที่ 1.	บทนำ	
1.1	วัตถุประสงค์ของปริิฤฎยานิพนธ์	1
1.2	ความรู้เบื้องต้น	2
บทที่ 2.	หลักการพื้นฐานของระบบการประมวลผลภาพ	
2.1	ระบบ 2 มิติ และ คณิตศาสตร์เบื้องต้น	8
2.2	IMAGE TRANSFORM	26
บทที่ 3.	หลักการแยกสัญญาณโครมิแนนท์	
3.1	การแยกสัญญาณโครมิแนนท์หลังวงจรมินนันท์คิเทคเตอร์	56
3.2	ตัวอย่างวงจรถักแยกออกหลังลุมินนันท์คิเทคเตอร์	58
3.3	การแยกสัญญาณโครมิแนนท์ก่อนวงจรมินนันท์คิเทคเตอร์	60
3.4	ข้อดีและข้อเสียของการแยกสัญญาณโครมิแนนท์ทั้งสองแบบ	60
บทที่ 4.	คิโคเคอร์ PAL	
4.1	คิเลบ์สายน์เทียม	65
4.2	ตัวอย่างวงจรถักคิโคเคอร์ PAL	68
4.3	วงจรมสมสัญญาณและวงจรถักขยับหลังคิเลบ์	74
4.4	การคิถนั้ตรวจส่วนการถ่วงสัญญาณ (R - Y) และ (B - Y)	74
4.5	สวิศร์ PAL 0/180 องศา	76
4.6	การถักความคิผลลาคทางเฟส	78
บทที่ 5.	การออกแบบและการค่านวณ	82

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 6. รายละเอียดการทำงาน	
6.1 บด็อกไคอะแกรม	84
6.2 การทำงาน	85
บทที่ 7. บทวิจารณ์และสรุปผลการดำเนินงาน	
7.1 การดำเนินงาน	99
7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น	100
กิตติกรรมประกาศ	101
หนังสืออ้างอิง	102
ภาคผนวก	
ก. โปรแกรมที่ใช้ควบคุม	
ข. DATA SHEET LM1881N	
ค. DATA SHEET DYNAMIC RAM MB81C4256	
ง. วงจรที่ใช้	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

ทางผู้จัดทำโครงการ ได้เห็นประ โຫນและความสำคัญของโครงการนี้จึง ได้เสนอขอจัดทำ COLOR VIDEO DIGITIZER จุดมุ่งหมายของโครงการนี้เพื่อเป็นการศึกษาระบบ image processing ในเบื้องต้น ซึ่งจะช่วยให้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานและวิจัยต่อไปเนื่องจากวิชาการทางด้านนี้ ได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะ ได้ทำการศึกษา และทำการสร้างส่วน digitizer ซึ่งเป็นส่วนประกอบส่วนหนึ่งของระบบ image processing และเพื่อให้มีความเข้าใจตลอดจนสามารถปรับปรุงและพัฒนาต่อไปให้มีความสามารถเพิ่มขึ้นหลังจากทำการ สร้างส่วน digitizer ก็จะมีแนวโน้มเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีใช้กันอยู่เพื่อทำการประมวลผลต่อไป

ความสำคัญและประ โຫนของโครงการ

- เพื่อเป็นการศึกษาเทคโนโลยีทางด้าน image processing
- เป็นส่วนสำคัญในการใช้ทำ color video data communication
- ใช้ในการเก็บข้อมูลภาพ โคให้ความละเอียดของภาพสูง เช่น
 - ทำเพิ่มประวัติของบุคคล โดยมีภาพประกอบเพื่อใช้ในการงานฐานข้อมูล
 - ทำเป็น ไฟล์ของภาพอีเธอร์ แทนการเก็บฟิล์มจำนวนมากๆ
 - ใช้สร้างเทคนิคภาพเพื่อการโฆษณา
 - และงานอื่นๆ อีกหลายอย่าง

1.2 ความรู้เบื้องต้น

ข้อมูลต่าง ๆ ที่มนุษย์สามารถรับรู้ได้ประมาณ 75% เป็นข้อมูลที่ได้จากการมองเห็น มนุษย์จะนำข้อมูลที่รับรู้เหล่านั้นไปตีความหมายเพื่อความเข้าใจ เช่นเคียวกันเมื่อคอมพิวเตอร์รับข้อมูล หรือใช้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น เรหรือกว่า ขบวนการสร้างภาพและจดจำภาพของคอมพิวเตอร์ (computer image processing and recognition) และในการที่จะเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างภาพที่คอมพิวเตอร์เข้าใจ กับ ภาพที่มนุษย์เข้าใจ ทำให้โดยการให้คอมพิวเตอร์แปลงภาพในลักษณะที่มนุษย์เข้าใจไปเป็นข้อมูลตัวเลขที่คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ และ แปลงข้อมูลที่ได้จากการคำนวณ หรือประมวลผลแล้วกลับมาเป็นภาพที่มนุษย์คุ้นเคย ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวนี้คือองค์ความรู้ความเข้าใจ ทางคอมพิวเตอร์ และทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลตัวเลขกับจุดต่างๆ ในภาพ ในการประมวลผลสัญญาณภาพด้วยระบบคอมพิวเตอร์จำเป็นต้องทำการเปลี่ยนข้อมูลหรือสัญญาณ ภาพที่อยู่ในรูปสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณทางดิจิทัลก่อนซึ่งจุดนี้เป็นจุดเริ่มแรกที่จะต้องทำใน การประมวลผลภาพ

โดยทั่วไปแล้วในการประมวลผลภาพนั้นมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

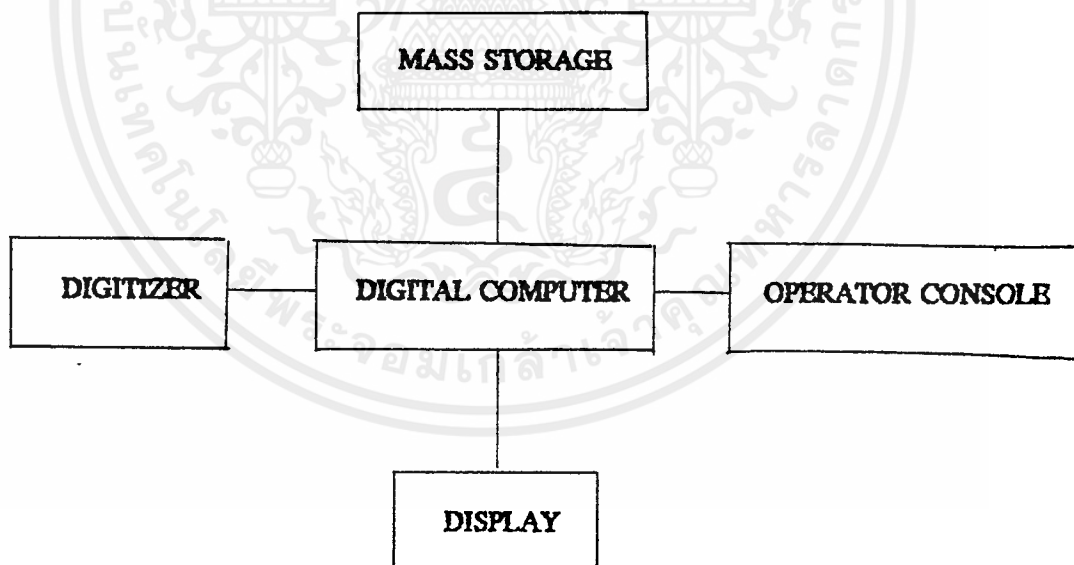


IMAGE PROCESSOR (Digital image processor) เป็นหัวใจสำคัญของระบบ image processing ประกอบด้วยส่วนของฮาร์ดแวร์หลายอย่าง ซึ่งมีหน้าที่หลักๆ 4 อย่างคือ ควบคุมการรับ ภาพเข้ามาเก็บ , การเก็บข้อมูลภาพ , การประมวลผลเบื้องต้น และ การแสดงผลทางมอนิเตอร์

1. การควบคุมการรับภาพหรือทูลอีกอย่างก็คือไปควบคุม Digitizer นั้นเอง กลุ่มข้อมูลภาพที่รับเข้ามาที่อินพุทเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งอาจได้มาจากกล้องทีวีหรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวกับการสร้างภาพแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งปัจจุบันนี้สามารถ Digitizing สัญญาณภาพได้ครั้งละหนึ่งเฟรม

2. การเก็บข้อมูลภาพซึ่งคอนแรกจะเก็บที่เฟรมบัฟเฟอร์ ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่สามารถเก็บสัญญาณภาพที่เป็นดิจิทัลโดยทั่วไปแล้วหน่วยความจำนี้รวมอยู่กับอินพุทโปรเซสเซอร์ในการอ่านหรือเขียนที่เฟรมบัฟเฟอร์นี้ต้องใช้ความเร็วที่สัมพันธ์กับความถี่และสัญญาณต่างๆ ของทีวี

3. การประมวลผลเบื้องต้นคือการกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก ดังนั้นส่วนนี้มีหรือกว่า ALU ซึ่งถูกออกแบบทางฮาร์ดแวร์มา โดยเฉพาะเพื่อเพิ่มความเร็วโดยใช้การประมวลผลแบบขนาน

4. Display modul มีหน้าที่อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำแล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณอนาล็อกเพื่อแสดงออกที่ทีวีอนินคอร์แบบ color



DIGITAL IMAGE PROCESSING: PROBLEMS AND APPLICATIONS

คำว่า digital image processing โดยทั่วไปจะหมายถึงการขบวนการประมวลผลของ a two-dimensional picture โดยการใช้ digital computer. ในการอธิบายอย่างกว้าง ๆ ก็คือ digital processing of any two-dimensional data. ส่วนภาพ digital image จะเป็น array ของ real หรือ complex number ที่แสดงโดยใช้ a finite number of bits.

การประมวลผล digital image processing จะมีการใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น ระบบ remote sensing ไปยังดาวเทียม (satellites) และยานอวกาศ (spacecrafts) , medical processing , radar, sonar , image transmission and storage สำหรับการใช้งานทางธุรกิจ

ในที่นี้จะพิจารณาโดยลำดับถึง basic classes of problems. จะแบ่งได้เป็น

1. Image representation and modeling
2. Image enhancement
3. Image restoration
4. Image analysis
5. Image reconstruction
6. Image data compression

IMAGE REPRESENTATION AND MODELING

ใน image representation มีความเกี่ยวข้องกับลักษณะ characterization of the quantity that each picture-element represents. (ซึ่งเรียกว่า pixel หรือ pel) ในการนำเสนอใหม่

โดยทั่วไป two-dimensional function จะเก็บข้อมูลที่จะใช้พิจารณาของภาพ image ซึ่ง image model ก็จะเป็นการอธิบายถึง logical หรือ quantitative description ของลักษณะสมบัติของ function เหล่านี้

รูปที่ 1.1 แสดงถึงรายละเอียดของ image representation และปัญหาการ modeling

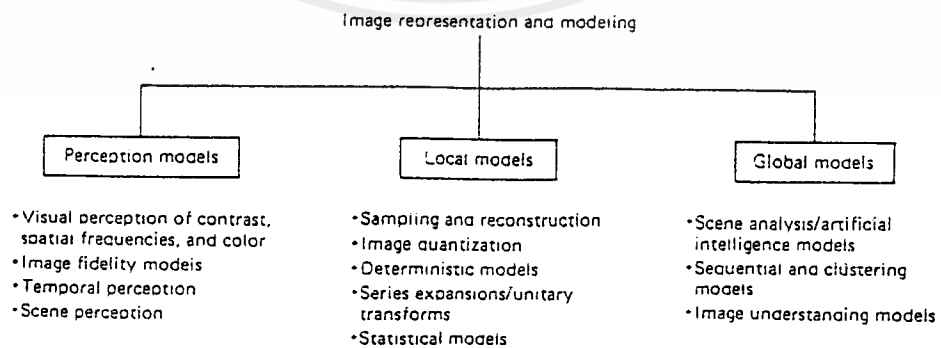


Figure 1.1 Image representation and modeling.

สิ่งที่สำคัญในการพิจารณาใน image representation ก็คือ ความเชื่อถือได้ (fidelity) หรือ ความขาดพลาดโดยรวมสำหรับการวัดปริมาณของภาพ image หรือการวัดประสิทธิภาพของเทคนิคการประมวลผล อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทราบถึงความเชื่อถือได้โคซมของเป็นภาพรวมจะช่วยในการออกแบบ image sensor เพราะเป็นการบอกถึงควมแปรที่จะใช้ทำการวัดได้อย่างแน่นอนแม่นยำมาก

วิธีการดั้งเดิม (classical method) ของ signal representation เป็นการใช้อินทรีย์ orthogonal series expansion ยกตัวอย่างเช่น Fourier series สำหรับภาพ image นั้น การ representation ก็เป็นไปได้ในลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยผ่านทาง two-dimensional orthogonal function ซึ่งจะถูกรเรียกว่า basis image สำหรับตัวอย่างภาพ image นั้น basis image จะเป็นการพิจารณาจาก unitary matrices ซึ่งเรียกว่า image transform คือทุก ๆ ภาพ image ที่ได้ นั้น สามารถแสดงเป็น weighted sum ของ basis image (รูปที่ 1.2)

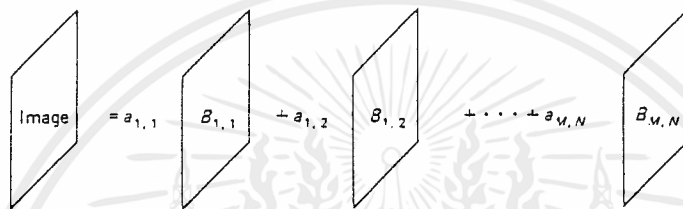


Figure 1.2 Image representation by orthogonal basis image series $B_{i,j}$.

โมเดลทางสถิติ (statistical model) เป็นการพิจารณาภาพ image ว่าเป็นส่วนสมาชิก (member) ของภาพโคซมส่วนรวม โดยมักจะหาลักษณะ characterized โดยใช้ค่าสูงสุดค่าต่ำสุดค่าเฉลี่ยค่าสองเป็นค่าเฉลี่ย (mean) และใช้ค่าความแปรปรวนแปรร่วม (covariance function) ของมัน ซึ่งยอมให้มีการพัฒนา algorithms ที่จะใช้มันสำหรับชั้นทั้งหมด (entire class) หรือภาพโคซมส่วนรวมของ image มากกว่า

สำหรับ single image นั้นส่วนมาก ภาพโคซมส่วนรวมนั้นจะถูกพิจารณาเป็น stationary ดังนั้น ค่าของ mean และค่า covariance function จะใช้ในการหาค่าต่าง ๆ ใน stationary model วิธีการนี้จะใช้มากในเรื่องปัญหาของการบีบอัดข้อมูล (data compression problem), ใช้ในเรื่อง transfer coding, restoration problem ตัวอย่างเช่น Wiener filtering และในการใช้ประโยชน์ด้านอื่น ๆ ที่คุณสมบัติส่วนใหญ่ (global properties) ของภาพโคซมส่วนรวมมีความเพียงพอ

ผลของการใช้ model นี้ใน image processing เป็นการพัฒนาให้เป็น spatially varying หรือ piecewise spatially invariant

ในลักษณะรูปแบบของ short-term หรือ local properties ของ pixel นั้น วิธีการหนึ่งในการเลือกสองวิธีในการหาลักษณะ characterize ของแต่ละ pixel ก็โดยการเปรียบเทียบกับ pixel ที่อยู่ใกล้เคียงกันกับตัวเอง ตัวอย่าง ระบบ linear system จะหาลักษณะ characterized โดยใช้ (low-order) difference-equation และวิธีใช้ white noise หรือ random field อื่น ๆ ที่ทราบถึงความหนาแน่นของ power-spectrum density ที่จะใช้ในการประมาณสำหรับการ representing ภาพโคซมส่วนรวม

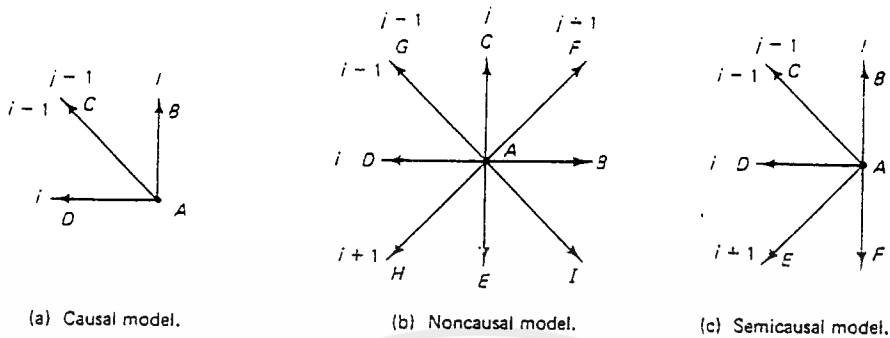


Figure 1.3 Three canonical forms of stochastic models.

รูปที่ 1.3 แสดงถึง stochastic model 3 ชนิดที่ใช้ในการหาลักษณะ image pixel characterized ในทอมของ pixel ที่อยู่ใกล้เคียงกันกับตัวมันเอง

หากภาพ image นั้นสนทนจากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา model ในรูปที่ 1.3a จะเรียกว่า causal model นี่เป็นเพราะว่า pixel A จะหาลักษณะ characterized ได้โดยใช้ทิศทาง pixel ที่อยู่ในอดีต model ของรูปที่ 1.3b เป็น noncausal model เนื่องจาก pixel ที่อยู่ใกล้เคียงกับ pixel A มีทิศทางในอดีตเหมือนกับในอนาคตในทั้ง 2 ทิศทาง

ในรูปที่ 1.3c จะเป็น semicausal model เนื่องจาก pixel ที่อยู่ใกล้เคียงกับ pixel A ในอดีตมีอยู่ในทิศ j direction และในอดีตในทิศทาง i direction จะเหมือนกันกับในอนาคต

แต่ละ model จะถูกนำไปใช้ในการพัฒนา algorithm ที่มีความแตกต่างของ hardware ที่มีอยู่จริง ตัวอย่าง causal model สามารถนำไปใช้เป็น realize recursive filters โดยต้องการหน่วยความจำน้อย ขณะที่ให้ผลเป็น infinite impulse response (IIR) ในกรณีของ noncausal model สามารถใช้ในการออกแบบ fast transform-base finite impulse response (FIR) filter และ semicausal model สามารถให้ผลเป็น two-dimensional algorithm โดยเป็นการเรียกตัวเองทวนซ้ำ (recursive) ในทิศทางหนึ่ง และเป็น nonrecursive ในอีกทิศทางหนึ่ง

บางส่วนของ stochastic model สามารถใช้เป็นการคิดอย่างกว้าง ๆ ของ one-dimensional random processes represented โดย autoregressive (AR) และ autoregressive moving average (ARMA) model

ในระบบ global model นั้น ภาพ image จะใช้การพิจารณาเป็นส่วนต่าง ๆ ของวัตถุ วัตถุต่าง ๆ ในซีน (scene) จะถูก detected (ตัวอย่างเช่นวิธี segmentation techniques) และ model ก็ จะให้กฎสำหรับการเปรียบเทียบทีละวัตถุ (defining the relationship among various objects) ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IMAGE ENHANCEMENT

ในขั้นตอน *image enhancement* มีจุดมุ่งหมายก็คือต้องการเน้นลักษณะที่เด่นของภาพ *image* สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ในลำดับขั้นต่อไป หรือใช้สำหรับแสดง *image display* ตัวอย่าง *image enhancement* เช่น การเพิ่มความแตกต่าง (include contrast) , การจัดขอบให้ดีขึ้น (edge enhancement) , การให้สีเทียม (pseudocoloring), การลดสัญญาณรบกวน (noise filter), การทำให้ภาพคมชัด (sharpening) และการขยายขนาดภาพ (magnifying) ขั้นตอน *image enhancement* จะนำไปใช้มากในการแยกเอาลักษณะที่มีความเด่นในขบวนการ *image analysis* และ ใช้ในการมองข้อมูลที่แสดงผล (*visual information display*) ในขั้นขบวนการปรับปรุงผลให้ดีขึ้น (enhancement process) นั้น โดยตัวของขบวนการเองจะไม่สามารถเพิ่มเติมข้อมูลข่าวสารที่มีอยู่ประจำตัวในภาพ *image* ขึ้นมา ขบวนการนี้จะเป็นการใช้ในการเน้นถึงคุณลักษณะที่แน่นอนในลักษณะของภาพ (*image characterized*)

IMAGE RESTORATION

image restoration หมายถึง การนำลักษณะที่ไม่ดีของภาพออก หรือ การทำให้ลักษณะที่ไม่ดีของภาพ *image* ให้มีขนาดน้อยที่สุด รวมถึงการนำเอาสิ่งที่ถูกลบเข้ามาในภาพ *image* ที่ทำให้ลักษณะของภาพแตกต่างเนื่องจากข้อจำกัดของ *sensor* หรือสภาพแวดล้อมออก รวมทั้งการทำ *noise filter* และการแก้ไขลักษณะผิดเพี้ยนทางภูมิศาสตร์หรือความไม่เป็นเชิงเส้นของ *sensor*

รูปที่ 1.4 แสดงถึงการทำงานใน *image restoration*

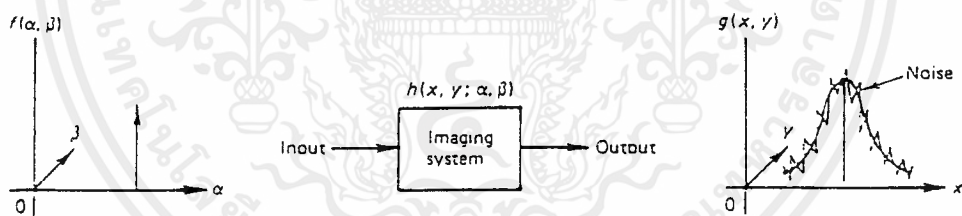


Figure 1. Blurring due to an imaging system. Given the noisy and blurred image the image restoration problem is to find an estimate of the input image $f(x, y)$.

ภาพ *image* จากแหล่งกำเนิดมักเกิดการเบลอและมีคุณภาพที่แตกต่างเนื่องมาจาก *noise* จากระบบ *imaging system* หากระบบ *imaging system* เป็นเชิงเส้น *image* ของวัตถุต้นทางจะสามารถแสดงเป็นสมการได้เป็น

$$g(x, y) = \iint_{-\infty}^{\infty} h(x, y; \alpha, \beta) f(\alpha, \beta) d\alpha d\beta + n(x, y)$$

เมื่อ $n(x, y)$ เป็น *noise* ที่เพิ่มเข้ามา

$f(\alpha, \beta)$ เป็น วัตถุต้นทาง

$g(x, y)$ เป็น *image*

เอกสารนี้เป็นเอกสาร และ $h(x, y; \alpha, \beta)$ ซึ่งถูกเรียกว่า *point spread function (PSF)* ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการพื้นฐานของการประมวลผลภาพ

2.1 ระบบ 2 มิติ และ คณิตศาสตร์เบื้องต้น

(TWO-DIMENSIONAL SYSTEM AND MATHEMATICAL PRELIMINARIES)

เนื่องจาก images โคสทั่ว ๆ ไปจะให้ output ออกมาเป็นระบบ two-dimensional system ดังนั้นแนวความคิดทางคณิตศาสตร์ที่จะนำเอาไปใช้ในการศึกษาระบบนี้จึงมีความจำเป็น

การเขียนและคำจำกัดความ (NOTATION AND DEFINITIONS)

สัญญาณที่มีความต่อเนื่อง 1 มิติจะแสดงได้ในรูป function 1 ตัวแปร เช่น $f(x)$, $u(x)$, $s(t)$ หรือในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

ส่วนสัญญาณ sampled signal จะเขียนได้โดยใช้ลำดับของ single index sequence คือ u_n , $u(n)$ หรือในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน

หากจะแสดงสัญญาณ continuous image ที่อยู่ในรูป function 2 ตัวแปรจะเขียนได้เป็น $u(x, y)$, $v(x, y)$, $f(x, y)$ ส่วนสัญญาณ sampled image ก็เขียนโดยใช้ลำดับของเลขจำนวนจริง 2 ตัวเช่น $u_{m,n}$, $v(m, n)$, $u(i, j, k)$

หากไม่มีสถานะเป็นอย่างอื่น สัญญาณลักษณะ i, j, k, l, m, n, \dots จะใช้กำหนดคที่แสดงถึง array และ vector สัญญาณลักษณะ j ให้แสดงถึง $\sqrt{-1}$

ส่วน complex conjugate ของ complex variable เช่น z จะเขียนได้เป็น z^*

ในตารางที่ 2.1 เป็นรายการของ one-dimensional function ที่เราจะพบกันมาก ส่วนในลักษณะของ two-dimensional version ก็จะเป็น function ที่อยู่ในรูปของ separable form

$$f(x, y) = f_1(x) f_2(y) \quad (2.1.1)$$

ตัวอย่างเช่น two-dimensional delta function จะเขียนได้เป็น

$$\text{Dirac} : \delta(x, y) = \delta(x) \delta(y) \quad (2.1.2a)$$

$$\text{Kronecker} : \delta(m, n) = \delta(m) \delta(n) \quad (2.1.2b)$$

เมื่อทำการพิสูจน์คุณสมบัติ (satisfy the properties)

$$f(x', y') \delta(x - x', y - y') dx' dy' = f(x, y) \quad (2.1.3)$$

$$\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \int_{-\epsilon}^{\epsilon} \int_{-\epsilon}^{\epsilon} \delta(x, y) dx dy = 1$$

$$x(m, n) = \sum_{m', n' = -\infty}^{\infty} x(m', n') \delta(m - m', n - n') \quad (2.1.4)$$

$$\sum_{m, n = -\infty}^{\infty} \delta(m, n) = 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TABLE 2.1 Some Special Functions

Function	Definition	Function	Definition
<i>Dirac delta</i>	$\delta(x) = 0, x \neq 0$ $\lim_{\epsilon \rightarrow 0} \int_{-\epsilon}^{\epsilon} \delta(x) dx = 1$	<i>Rectangle</i>	$\text{rect}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq \frac{1}{2} \\ 0, & x > \frac{1}{2} \end{cases}$
<i>Sifting property</i>	$\int_{-\infty}^{\infty} f(x') \delta(x - x') dx' = f(x)$	<i>Signum</i>	$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 0, & x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases}$
<i>Scaling property</i>	$\delta(ax) = \frac{\delta(x)}{ a }$	<i>Sinc</i>	$\text{sinc}(x) = \frac{\sin \pi x}{\pi x}$
<i>Kronecker delta</i>	$\delta(n) = \begin{cases} 0, & n \neq 0 \\ 1, & n = 0 \end{cases}$	<i>Comb</i>	$\text{comb}(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(x - n)$
<i>Sifting property</i>	$\sum_{m=-\infty}^{\infty} f(m) \delta(n - m) = f(n)$	<i>Triangle</i>	$\text{tri}(x) = \begin{cases} 1 - x , & x \leq 1 \\ 0, & x > 1 \end{cases}$

LINEAR SYSTEM AND SHIFIT INVARIANCE

คัมถจำนวนมากในการ imaging system สามารถ model เป็น two-dimensional linear system ได้ ให้ $x(m, n)$ และ $y(m, n)$ แสดงแทนถึง input และ output ตามลำดับของระบบ two-dimensional system (ในรูปที่ 2.1) ซึ่งเขียนได้เป็น

$$y(m, n) = X[x(m, n)] \tag{2.1.5}$$

ระบบขำนนี้จะเรียกว่า linear หากลำดับของ 2 input $x_1(m, n)$ และ $x_2(m, n)$ ให้ผลออกมเป็นลำดับที่ output เหมือนกันเป็น $y_1(m, n)$ และ $y_2(m, n)$

ค.ธ. ถ้าหรับคัวคงที่รัวขณะ (arbitrary constants) a_1 และ a_2

$$\begin{aligned} X[a_1 x_1(m, n) + a_2 x_2(m, n)] &= a_1 X[x_1(m, n)] + a_2 X[x_2(m, n)] \\ &= a_1 y_1(m, n) + a_2 y_2(m, n) \end{aligned} \tag{2.1.6}$$

ซึ่งเรียกว่า linear superposition

เมื่อ input เป็น two-dimensional kronecker delta function ที่คัมหน่ง (m', n) จะได้ output ที่คัมหน่ง (m, n) ที่กำหนดได้เป็น

$$h(m, n; m', n') = X[\delta(m - m', n - n')] \tag{2.1.7}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อคัมหน่ง (m, n) ภายใตให้นำไปใช้ประโยชน์ (2.1.7) ค่า

ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งเรียกว่า impulse response of the system

ถ้าสำหรับระบบ image system จะเป็นภาพ image ใน output plane ที่กำหนดไปยัง ideal point source ที่ตำแหน่ง (m', n') ใน input plane ในการเขียนนั้น เครื่องหมาย semicolon (;) จะใช้เพื่อแสดงความแตกต่างของคู่ input pair of coordinates และ คู่ output pair of coordinates

impulse response จะเรียกว่า point spread function (PSF) เมื่อ input และ output มีปริมาณที่เป็นบวก (positive quantity) ค.ศ. เช่นความเข้มของแสงในระบบ image system

เทอมของ impulse response นั้นเป็นรูปแบบทั่วไป และยอมให้เปลี่ยนเป็นจำนวนลบ (take negative) เช่นเดียวกับ complex value

ขอบเขตสนับสนุน (region of support) ของ impulse response คือขอบเขตปิกที่มีขนาดถี่มากในระนาบ m, n plane และส่วนนอกที่มี impulse response เป็นศูนย์ ระบบจะถูกเรียกว่าเป็น finite impulse response system (FIR) หาก impulse response หรือ infinite impulse response system (IIR) หากมี infinite region support ตามลำดับ

output ของ linear system ที่ได้รับจาก impulse response ของมันกับ input เมื่อประยุกต์กับกฎ superposition rule ในสมการ (2.1.6) เพื่อแสดงสมการ (2.1.4) ใหม่จะได้เป็น

$$\begin{aligned}
 y(m, n) &= \sum_{m', n'} X[m', n'] x(m, n) \\
 &= \sum_{m', n'} X[m', n'] \sum_{m'', n''} x(m'', n'') \delta(m - m'', n - n'') \\
 &= \sum_{m', n'} x(m', n') X[\delta(m - m', n - n')] \\
 y(m, n) &= \sum_{m', n'} x(m', n') h(m, n; m', n')
 \end{aligned} \tag{2.1.8}$$

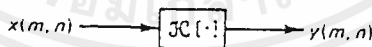


Figure 2.1 A system.

ระบบจะถูกเรียกว่า spatially invariant หรือ shift invariant หากการแปลง (translation) ของ input ทำให้เกิดการแปลง (translation) ของ output ตามรูปแบบของสมการ (2.1.7)

หาก impulse เกิดที่ origin จะได้

$$X[\delta(m, n)] = h(m, n; 0, 0)$$

ดังนั้นในระบบ shift invariant system ที่ถูกต้องจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 h(m, n; m', n') &= X[\delta(m - m', n - n')] \\
 &= h(m - m', n - n'; 0, 0)
 \end{aligned}$$

$$h(m, n; m', n') = h(m - m', n - n') \quad (2.1.9)$$

คำว่า impulse response เป็น function ของ two-dimensional variable เท่านั้นที่ ความว่ารูปร่างของ impulse response จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเมื่อ impulse เคลื่อนที่ไปกับระนาบ m, n plane ระบบจะถูกเรียกว่า spatially varying เมื่อ สมการ (2.1.9) ไม่ได้ถูกยึดอยู่ (hold) รูปที่ 2.2 แสดงถึงตัวอย่างของ PSFs ของระบบ image system ที่มี separable หรือ circularly symmetric impulse response สำหรับระบบ shift invariant system จะได้ output เป็น

$$y(m, n) = \sum_{m', n' = -\infty}^{\infty} h(m - m', n - n') x(m', n') \quad (2.1.10)$$

เรารู้ได้ว่าเป็นการสอผลประสม (convolution) ของ input กับ impulse response ในรูปที่ (2.3) แสดงถึงการตีความหมายรูป (graphical interpretation) ของการทำงานนี้ impulse response array จะหมุนจากจุดกำเนิด (origin) ไป 180 องศา และถูกเลื่อนไป (shift) โคออดิเนต (m, n) ไปทับซ้อนกับ array $x(m', n')$ ผลบวกของการคูณของ array $\{ x(\cdot, \cdot) \}$ และ $\{ h(\cdot, \cdot) \}$ ในขอบเขตที่ทับซ้อนกัน (overlapping region) ให้ผลลัพธ์ที่ (m, n) เราจะใช้สัญลักษณ์ \otimes เขียนแสดงถึงการสอผลประสม (convolution operation) ในทั้ง discrete case และ continuous case ตัวอย่าง

$$\begin{aligned}
 g(x, y) &= h(x, y) \otimes f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x - x', y - y') f(x', y') dx' dy' \\
 y(m, n) &= h(m, n) \otimes x(m, n) = \sum_{m', n' = -\infty}^{\infty} h(m - m', n - n') x(m', n') \quad (2.1.11)
 \end{aligned}$$

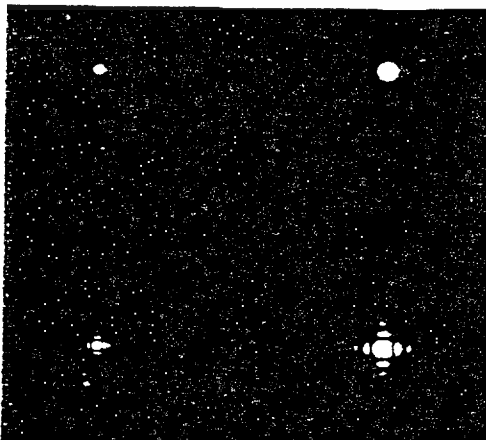


Figure 2.2 Examples of PSFs

a	b
c	d

(a) Circularly symmetric PSF of average atmospheric turbulence causing small blur; (b) atmospheric turbulence PSF causing large blur; (c) separable PSF of a diffraction limited system with square aperture; (d) same as (c) but with smaller aperture.



THE FOURIER TRANSFORM

การแปลงในรูปแบบ 2 มิติ (two-dimensional transforms) ดังเช่น Fourier transform และ Z transform เป็นพื้นฐานเบื้องต้นที่สำคัญมากใน image processing

ใน one-dimensional นั้น Fourier transform ของ complex function $f(x)$ สามารถหาค่าได้จาก

$$F(\xi) = [f(x)] = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \exp(-j2\pi\xi x) dx \quad (2.1.12)$$

ส่วน inverse Fourier transform ของ $F(\xi)$ คือ

$$f(x) = \mathcal{F}^{-1}[F(\xi)] = \int_{-\infty}^{\infty} F(\xi) \exp(j2\pi\xi x) d\xi \quad (2.1.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใน two-dimensional นั้น Fourier transform และ inverse Fourier transform ของมันคล้ายคลึงกับ linear transformations

$$F(\xi_1, \xi_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \exp[-j2\pi(x\xi_1 + y\xi_2)] dx dy \quad (2.1.14)$$

$$f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(\xi_1, \xi_2) \exp[j2\pi(x\xi_1 + y\xi_2)] d\xi_1 d\xi_2 \quad (2.1.15)$$

ตัวอย่างบางส่วนของ two-dimensional Fourier transforms จะดูได้จาก ตารางที่ 2.2

TABLE 2.2 Two-Dimensional Fourier Transform Pairs

$f(x, y)$	$F(\xi_1, \xi_2)$
$\delta(x, y)$	1
$\delta(x \pm x_0, y \pm y_0)$	$\exp(\pm j2\pi x_0 \xi_1) \exp(\pm j2\pi y_0 \xi_2)$
$\exp(\pm j2\pi x \eta_1) \exp(\pm j2\pi y \eta_2)$	$\delta(\xi_1 \mp \eta_1, \xi_2 \mp \eta_2)$
$\exp[-\pi(x^2 + y^2)]$	$\exp[-\pi(\xi_1^2 + \xi_2^2)]$
rect(x, y)	sinc(ξ_1, ξ_2)
tri(x, y)	sinc ² (ξ_1, ξ_2)
comb(x, y)	comb(ξ_1, ξ_2)

คุณสมบัติของ Fourier transform

ตาราง 2.3 แสดงถึงคุณสมบัติของ two-dimensional Fourier transform ซึ่งบางส่วนของ คุณสมบัติจะอธิบายต่อไป

TABLE 2.3 Properties of Two-Dimensional Fourier Transform

Property	Function $f(x, y)$	Fourier Transform $F(\xi_1, \xi_2)$
Rotation	$f(\pm x, \pm y)$	$F(\pm \xi_1, \pm \xi_2)$
Linearity	$a_1 f_1(x, y) + a_2 f_2(x, y)$	$a_1 F_1(\xi_1, \xi_2) + a_2 F_2(\xi_1, \xi_2)$
Conjugation	$f^*(x, y)$	$F^*(-\xi_1, -\xi_2)$
Separability	$f_1(x) f_2(y)$	$F_1(\xi_1) F_2(\xi_2)$
Scaling	$f(ax, by)$	$\frac{F(\xi_1/a, \xi_2/b)}{ ab }$
Shifting	$f(x \pm x_0, y \pm y_0)$	$\exp[\pm j2\pi(x_0 \xi_1 + y_0 \xi_2)] F(\xi_1, \xi_2)$
Modulation	$\exp[\pm j2\pi(\eta_1 x + \eta_2 y)] f(x, y)$	$F(\xi_1 \mp \eta_1, \xi_2 \mp \eta_2)$
Convolution	$g(x, y) = h(x, y) \otimes f(x, y)$	$G(\xi_1, \xi_2) = H(\xi_1, \xi_2) F(\xi_1, \xi_2)$
Multiplication	$g(x, y) = h(x, y) f(x, y)$	$G(\xi_1, \xi_2) = H(\xi_1, \xi_2) \otimes F(\xi_1, \xi_2)$
Spatial correlation	$c(x, y) = h(x, y) \star f(x, y)$	$C(\xi_1, \xi_2) = H(-\xi_1, -\xi_2) F(\xi_1, \xi_2)$
Inner product	$I = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) h^*(x, y) dx dy$	$I = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(\xi_1, \xi_2) H^*(\xi_1, \xi_2) d\xi_1 d\xi_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Spatial frequencies หาก $f(x, y)$ เป็น luminance และ x, y เป็น spatial coordinates ดังนั้น ξ_1, ξ_2 จะเป็น spatial frequencies ที่แสดงการเปลี่ยนแปลง luminance โดยสัมพันธ์กับ spatial distances หน่วยของ ξ_1 และ ξ_2 แทนกันกับ x และ y ตามลำดับ บางครั้ง coordinates x, y เป็นปกติ โดยการมองระยะทางของ image $f(x, y)$ ดังนั้นหน่วยของ ξ_1, ξ_2 จึงเป็น cycle per degree

2. Uniqueness (ความมีอยู่หนึ่งเดียว) สำหรับ function ต่อเนื่อง $f(x, y)$ และ $F(\xi_1, \xi_2)$ จะ unique โดยสัมพันธ์กับตัวอื่น มันจะไม่มี การสูญเสียข้อมูลที่ให้แทนที่การรักษาภาพ image หากใช้ การแปลง Fourier transform รักรมา ข้อมูลไว้ ความจริงจะเป็นประโยชน์มากในเรื่องการบีบอัดข้อมูล ภาพ image (image data compression technique) ซึ่งเรียกว่า transform coding

3. Separability (การแยกตัวแปรออกจากกันได้) จากคำจำกัดความ Fourier transform จะมี คุณสมบัติสามารถแยกตัวแปรออกจากกันได้ (separable) ดังนั้นจึงสามารถเขียนอยู่ในรูป separable transformation ใน x และ y ตัวอย่างเช่น

$$F(\xi_1, \xi_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \exp(-j2\pi x \xi_1) dx \exp(-j2\pi y \xi_2) dy$$

หมายความว่า การแปลง two-dimensional transformation สามารถทำให้เป็นจริงได้โดยการสืบ ต่อของ one-dimensional ในแต่ละ spatial coordinates

4. Frequency response and eigenfunctions of shift invariant systems.

ฟังก์ชัน eigenfunction ของระบบกำหนดได้จาก input function ที่ถูก reproduced ที่ output ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงในค่า amplitude เท่านั้น คุณสมบัติเบื้องต้นของ linear shift invariant system คือเป็น eigenfunction ที่ได้จาก complex exponential $\exp[j2\pi(\xi_1 x + \xi_2 y)]$ ดังนั้นใน รูปที่ 2.4 สำหรับทุก ๆ ค่าที่แน่นอนของ fixed (ξ_1, ξ_2) จะได้ค่า output ของ linear shift invariant system เป็น

$$g(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x - x', y - y') \exp[j2\pi(\xi_1 x' + \xi_2 y')] dx' dy'$$

จัดรูปให้ง่ายขึ้นโดยสมมติให้ $x = x - x', y = y - y'$ เราจะได้ผลลัพธ์เป็น

$$g(x, y) = H(\xi_1, \xi_2) \exp[j2\pi(\xi_1 x + \xi_2 y)] \quad (2.1.16)$$

โดย $H(\xi_1, \xi_2)$ เป็น Fourier transform ของ impulse response ซึ่งจะเรียกว่า frequency response ของระบบ ซึ่งเป็นการแสดง complex amplitude ของระบบ system response ใหม่ที่ตำแหน่ง spatial รักรค่า ไม่ว่า frequency (ξ_1, ξ_2) ห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

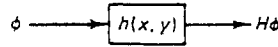


Figure 2.4 Eigenfunctions of a linear shift invariant system.
 $\phi \triangleq \exp\{j2\pi(\xi_1 x + \xi_2 y)\}$, $H = H(\xi_1, \xi_2) \triangleq$ Fourier transform of $h(x, y)$.

5. Convolution theorem การแปลง Fourier transform ของการ convolution ของ 2 function จะมีค่าเท่ากับผลคูณของ Fourier transform ของตัวมันเอง ตัวอย่าง

$$g(x, y) = h(x, y) \otimes f(x, y) \Leftrightarrow G(\xi_1, \xi_2) = H(\xi_1, \xi_2)F(\xi_1, \xi_2) \quad (2.17)$$

ทฤษฎีนี้บ่งว่า convolution ของ 2 function จะหาค่าได้โดยการ inverse Fourier transforming ผลคูณ ของ Fourier transform ของมันเอง การพิจารณาทฤษฎีนี้ให้ผลเป็น fast Fourier transform base convolution algorithm โดยตรงกันข้ามทฤษฎี convolution เป็น Fourier transform ของผลคูณของ 2 function ที่ convolution ของ Fourier transform ของตัวมันเอง

ผลลัพธ์ของทฤษฎี convolution สามารถเพิ่มเข้าไป (extended to) ที่ spatial correlation ระหว่าง 2 real function $h(x, y)$ และ $f(x, y)$ โดยกำหนดได้เป็น

$$c(x, y) = h(x, y) * f(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} h(x', y') f(x+x', y+y') dx' dy' \quad (2.18)$$

การเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่แสดงที่ $c(x, y)$ เป็น convolution $h(-x, -y) \otimes f(x, y)$ ซึ่งได้ผลเป็น

$$C(\xi_1, \xi_2) = H(-\xi_1, -\xi_2) F(\xi_1, \xi_2) \quad (2.19)$$

6. Inner product preservation คุณสมบัติอื่น ๆ ที่สำคัญ ของ Fourier transform ก็คือ inner product ของมันเอง ตัวอย่าง

$$I = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) h^*(x, y) dx dy = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(\xi_1, \xi_2) H^*(\xi_1, \xi_2) d\xi_1 d\xi_2 \quad (2.20)$$

ให้ $h = f$ เราจะได้ Parseval energy convolution formula

$$\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |f(x, y)|^2 dx dy = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} |F(\xi_1, \xi_2)|^2 d\xi_1 d\xi_2 \quad (2.21)$$

ผลรวมพลังงาน (total energy) ใน function มีค่าเหมือนกับในการแปลง Fourier transform เอกสารนี้เป็นเอกสารทบทวนวิชาสำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับญาติเห็นาไปเซประโยชน์ด้านการค้าของตัวมันเอง
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. Hankel transform ในการแปลง Fourier transform ของ circular symmetric function นี้จะเป็น circularly symmetric ด้วย และได้มาโดยสิ่งที่เรียกว่า Hankel transform

Fourier transform of Sequence (Fourier Series)

สำหรับ one-dimensional sequence $x(n)$ ค่า real หรือค่า complex Fourier transform ของมันเองจะกำหนดเป็นอนุกรม (series) เป็น

$$X(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) \exp(-jn\omega) \quad -\pi < \omega < \pi \quad (2.1.22)$$

ถ้า inverse transform จะเป็น

$$x(n) = 1/2\pi \int_{-\pi}^{\pi} X(\omega) \exp(jn\omega) d\omega \quad (2.1.23)$$

หมายเหตุ $X(\omega)$ เป็นคาบเวลาที่มืคาบเป็น 2π ดังนั้นมันจึงเป็นการเพียงพอที่จะกำหนดคาบ 1 คาบเวลาการแปลง Fourier transform คู่ลำดับของ two-dimensional sequence $X(m,n)$ กำหนดได้เป็น

$$X(\omega_1, \omega_2) = \sum_{m,n=-\infty}^{\infty} x(m, n) \exp[-j(m\omega_1 + n\omega_2)] \quad -\pi \leq \omega_1, \omega_2 < \pi \quad (2.1.24)$$

$$x(m, n) = (1/4\pi^2) \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(\omega_1, \omega_2) \exp[j(m\omega_1 + n\omega_2)] d\omega_1 d\omega_2 \quad (2.1.25)$$

ขณะนี้ $X(\omega_1, \omega_2)$ เป็นคาบเวลาที่มืคาบเวลายเป็น 2 ในแต่ละ argument ตัวอย่าง

$$X(\omega_1 \pm 2\pi, \omega_2 \pm 2\pi) = X(\omega_1 \pm 2\pi, \omega_2) = X(\omega_1, \omega_2 \pm 2\pi) = X(\omega_1, \omega_2)$$

บางครั้งลำดับ sequence $x(m,n)$ ในอนุกรมของสมการที่ (2.24) เป็น absolutely summable เช่นตัวอย่าง

$$\sum_{m,n=-\infty}^{\infty} |x(m,n)| < \infty \quad (2.1.26)$$

คล้ายคลึงกับ continuous case $H(\omega_1, \omega_2)$ Fourier transform ของ shift invariant impulse response ซึ่งเรียกว่า frequency response Fourier transform of series ซึ่งมีหลายคุณสมบัติเหมือนกับ Fourier transform ของ continuous function ดังที่รวบรวมไว้ในตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงคุณสมบัติและตัวอย่างของ Fourier Transform ของ Two - Dimensional Sequences

TABLE 2.4 Properties and Examples of Fourier Transform of Two-Dimensional Sequences

Property	Sequence	Transform
	$x(m, n), y(m, n), h(m, n), \dots$	$X(\omega_1, \omega_2), Y(\omega_1, \omega_2), H(\omega_1, \omega_2), \dots$
Linearity	$a_1 x_1(m, n) + a_2 x_2(m, n)$	$a_1 X_1(\omega_1, \omega_2) + a_2 X_2(\omega_1, \omega_2)$
Conjugation	$x^*(m, n)$	$X^*(-\omega_1, -\omega_2)$
Separability	$x_1(m)x_2(n)$	$X_1(\omega_1)X_2(\omega_2)$
Shifting	$x(m = m_0, n \pm n_0)$	$\exp[\pm j(m_0 \omega_1 + n_0 \omega_2)] X(\omega_1, \omega_2)$
Modulation	$\exp[\pm j(\omega_{01} m + \omega_{02} n)] x(m, n)$	$X(\omega_1' = \omega_{01}, \omega_2' = \omega_{02})$
Convolution	$y(m, n) = h(m, n) \otimes x(m, n)$	$Y(\omega_1, \omega_2) = H(\omega_1, \omega_2) X(\omega_1, \omega_2)$
Multiplication	$h(m, n)x(m, n)$	$\left(\frac{1}{4\pi^2}\right) H(\omega_1, \omega_2) \otimes X(\omega_1, \omega_2)$
Spatial correlation	$c(m, n) = h(m, n) \star x(m, n)$	$C(\omega_1, \omega_2) = H(-\omega_1, -\omega_2) X(\omega_1, \omega_2)$
Inner product	$l = \sum_m \sum_n x(m, n) y^*(m, n)$	$l = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(\omega_1, \omega_2) Y^*(\omega_1, \omega_2) d\omega_1 d\omega_2$
Energy conservation	$\mathcal{E} = \sum_m \sum_n x(m, n) ^2$	$\mathcal{E} = \frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} X(\omega_1, \omega_2) ^2 d\omega_1 d\omega_2$
	$\sum_m \sum_n \exp[j(m\omega_{01} + n\omega_{02})]$	$4\pi^2 \delta(\omega_1 - \omega_{01}, \omega_2 - \omega_{02})$
	$\delta(m, n)$	$\frac{1}{4\pi^2} \int_{-\pi}^{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} \exp[-j(\omega_1 m + \omega_2 n)] d\omega_1 d\omega_2$

THE Z-TRANSFORM OF LAURENT SERIES

สิ่งที่ใช้กันมากอย่างทั่วไปของ Fourier series ก็คือ Z-transform โดยสำหรับ two-dimensional complex sequence $x(m,n)$ จะกำหนดได้เป็น

$$X(z_1, z_2) = \sum_{m,n=-\infty}^{\infty} x(m, n) z_1^{-m} z_2^{-n} \tag{2.1.27}$$

เมื่อ z_1, z_2 เป็น complex variable

ค่า set ของ z_1, z_2 สำหรับอนุกรมนี้จะ converges uniformly ซึ่งเรียกว่า region of convergence

Z-transform ของ impulse response ของระบบ linear shift invariant discrete system นี้จะเรียกว่า transfer function ของตัวมันเอง เมื่อประยุกต์เข้ากับทฤษฎี convolution theorem สำหรับ Z-transform (ตารางที่ 2.5) เราจะสามารถ transform สมการ (2.1.10) ได้เป็น

$$Y(z_1, z_2) = H(z_1, z_2) X(z_1, z_2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H(z_1, z_2) = Y(z_1, z_2) / X(z_1, z_2)$$

สรุปได้ว่า transfer function ก็คืออัตราส่วน Z-transform ของ output sequence และ input sequence สำหรับ inverse Z-transform หาได้โดยใช้ double contour integral

$$x(m, n) = 1/(2\pi)^2 \oint \oint [X(z_1, z_2) z_1^{m-1} z_2^{n-1} dz_1 dz_2] \quad (2.1.28)$$

เมื่อ contours ของการ integration หมุนทวนเข็มนาฬิกาและอยู่ในขอบเขตของ region of convergence เมื่อขอบเขตของ region of convergence ไปที่หน่วยวงกลม (unit circles) $z_1 = 1, z_2 = 1$ ก็จะเป็นการหาค่าของ $X(z_1, z_2)$ ที่จุด $z_1 = \exp(j\omega_1), z_2 = \exp(j\omega_2)$ จะได้ผลเป็นการแปลง Fourier transform ของ $x(m, n)$ ซึ่งบางครั้ง $X(z_1, z_2)$ ที่ได้นั้นจะเป็น finite series (ตัวอย่างเช่น transfer function ของ FIR filters) ดังนั้น $x(m, n)$ สามารถหาค่าได้ โดยการตรวจสอบที่ตัวประกอบ (coefficient) ในเทอมของ $z_1^{-m} z_2^{-n}$

TABLE 2.5 Properties of the Two-Dimensional Z-Transform

Property	Sequence	Z-Transform
	$x(m, n), y(m, n), h(m, n), \dots$	$X(z_1, z_2), Y(z_1, z_2), H(z_1, z_2), \dots$
Rotation	$x(-m, -n)$	$X(z_1^{-1}, z_2^{-1})$
Linearity	$a_1 x_1(m, n) + a_2 x_2(m, n)$	$a_1 X_1(z_1, z_2) + a_2 X_2(z_1, z_2)$
Conjugation	$X^*(m, n)$	$X^*(z_1^*, z_2^*)$
Separability	$x_1(m) x_2(n)$	$X_1(z_1) X_2(z_2)$
Shifting	$x(m = m_0, n = n_0)$	$z_1^{-m_0} z_2^{-n_0} X(z_1, z_2)$
Modulation	$a^m b^n x(m, n)$	$X\left(\frac{z_1}{a}, \frac{z_2}{b}\right)$
Convolution	$h(m, n) \otimes x(m, n)$	$H(z_1, z_2) X(z_1, z_2)$
Multiplication	$x(m, n) y(m, n)$	$\left(\frac{1}{2\pi j}\right)^2 \oint \oint_{C_1, C_2} X\left(\frac{z_1}{z_1'}, \frac{z_2}{z_2'}\right) Y(z_1', z_2') \frac{dz_1'}{z_1'} \frac{dz_2'}{z_2'}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Causality and Stability

ระบบ one-dimensional shift invariant system จะเรียกว่า causal ถ้า output ของมันที่ทุก ๆ เวลาไม่มีผลกระทบจากอินพุตในอนาคต (future input) หมายความว่า impulse response $h(n) = 0$ สำหรับ $n < 0$ และ transfer function ของมันจะให้ one-sided Laurent series ดังอย่าง

$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(n)z^{-n} \quad (2.1.29)$$

การเพิ่มเติมจำกัดความก็คือ ถ้าลำดับ sequence $x(n)$ จะเรียกว่า causal ถ้า $x(n) = 0, n < 0$ เป็น anticausal ถ้า $x(n) = 0, n > 0$ และ noncausal ถ้ามันไม่ใช่ทั้ง causal ไม่ใช่ทั้ง anticausal ระบบจะถูกเรียกว่าเสถียร (stable) ถ้า output ของมันคงที่ต่อเป็นหนึ่งขอบเขตสำหรับขอบเขต input ใด ๆ

สำหรับระบบ linear shift invariant system ในกรณีอย่างนี้ต้องการ impulse response ที่จะ เป็น absolutely summable ดังอย่างเช่น

$$\sum_{n=-\infty}^{\infty} |h(n)| < \infty \quad (2.1.30)$$

นี่หมายความว่า $H(z)$ ไม่สามารถมีอยู่ทุก ๆ poles บน unit circle $z = 1$ หากระบบนี้นั้นเป็น causal และ stable แสดงว่า convergence ของสมการ(2.1.29) ที่จุด $z = 1$ ของอนุกรมนี้จะ converge ตกสำหรับทุก ๆ $z > 1$ ยกตัวอย่างเช่น pole ของ $H(z)$ นั้นจะอยู่ด้านในของ unit circle

ใน two-dimensional นั้น ระบบ linear shift invariant system จะเสถียรเมื่อ

$$\sum_m \sum_n |h(m,n)| < \infty \quad (2.1.31)$$

เป็นการแถลงให้เห็นว่าขอบเขตของ region of convergence ของ $H(z_1, z_2)$ จะไปเพิ่ม unit circle

OPTICAL AND MODULATION TRANSFER FUNCTIONS

สำหรับระบบ *spatially invariant imaging system* นั้น optical transfer function (OTF) ของตัวมันเองนั้นจะถูกพิจารณาเหมือนกับเป็นเช่น *normalized frequency response* ของตัวเอง ตัวอย่าง

$$OTF = H(\xi_1, \xi_2) / H(0, 0) \quad (2.1.32)$$

สำหรับ modulation transfer function (MTF) นั้นกำหนดได้คือเป็น *magnitude* ของ OTF

$$MTF = |OTF| = |H(\xi_1, \xi_2)| / |H(0, 0)| \quad (2.1.33)$$

การเปรียบเทียบที่คล้ายกันจะเป็นเหตุผลสำหรับระบบที่ไม่ต่อเนื่อง (*discrete system*) รูปที่ 2.5 จะเป็นการแสดงถึง MTF (*modulation transfer function*) ของระบบ PSF (*point spread function*) ที่แสดงในรูปที่ 2.2 ในทางปฏิบัตินั้นค่าของ MTF มักจะเป็นค่าที่จะถูกทำการวัด สำหรับ *phase* ของ *frequency response* นั้นจะหาได้จากการพิจารณาทางค่านกายภาพ (*physical considerations*) และสำหรับระบบ *optical system* นั้นค่าของ OTF ของตัวมันเองนั้นจะต้องมีค่านเป็นบวก

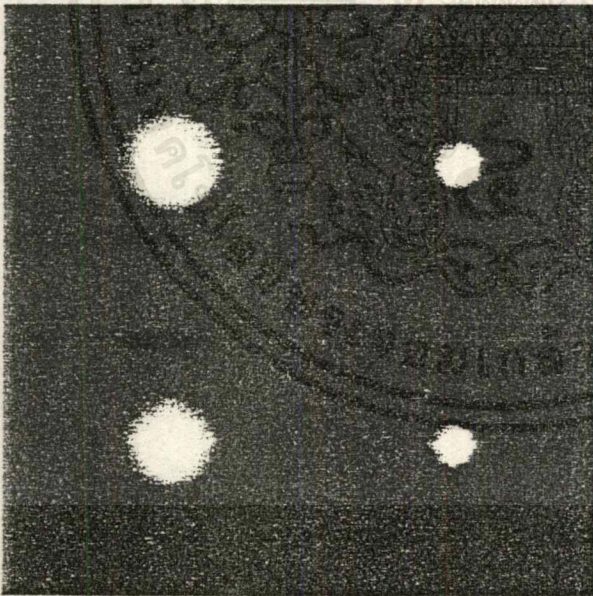


Figure 2.5 MTFs of systems whose PSFs are displayed in Figure 2.2.

MATRIX THEORY RESULTS

vector and matrices

โดยมากนั้นลำดับของ one-dimensional sequence และ two-dimensional sequence จะสามารถแสดงใหม่โดยการใช้ vectors และ matrices ได้ตามลำดับ ใน column vector u ที่ประกอบด้วย N element จะเขียนได้เป็น

$$u = \{ u(n) \} = \begin{bmatrix} u(1) \\ u(2) \\ \vdots \\ u(N) \end{bmatrix} \quad (2.1.34)$$

ทุก ๆ n th element ของ vector u จะเขียนได้โดย $u(n)$, u_n , $[u]_n$ เว้นไว้แต่จะกำหนดเป็นอย่างอื่น ทุก ๆ vector ที่เขียนนี้จะเป็น column vector สำหรับ column vector ที่มีขนาด N นั้นจะเรียกว่า $N \times 1$ vector เหมือนกับ row vector ที่มีขนาด N จะเรียกว่า $1 \times N$ vector สำหรับ matrix A ที่มีขนาด $M \times N$ คือมี M row และมี N column จะกำหนดได้เป็น

$$A = \{ a(m, n) \} = \begin{bmatrix} a(1, 1) & a(1, 2) & \dots & a(1, n) \\ a(2, 1) & & & \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a(M, 1) & & & a(M, N) \end{bmatrix} \quad (2.1.35)$$

สมาชิก (element) ใน m th row และ n th column ของ matrix A จะเขียนได้เป็น

$$[A]_{m,n} = a(m, n) = a_{m,n}$$

n th column ของ A จะเขียนได้เป็น a_n

m th element จะเขียนได้เป็น $a_n(m) = a(m, n)$

หากเมื่อครั้งมีอ้างอิงของ matrix ไม่ได้อยู่ที่ (1,1) เราจะเขียนแสดงได้ตามตัวอย่าง

$$A = \{ a(m, n) \quad 0 \leq m, n \leq N-1 \}$$

จะเป็นการแสดง $N \times N$ matrix เดือใหม่โดยมี starting index (0,0)

ในตารางที่ 2.6 รวบรวมถึง คำจำกัดความพื้นฐานของทฤษฎี matrix ต่าง ๆ

TABLE 2.6 Matrix Theory Definitions

Item	Definition	Comments
Matrix	$A = \{a(m, n)\}$	$m = \text{row index, } n = \text{column index}$
Transpose	$A^T = \{a(n, m)\}$	Rows and columns are interchanged.
Complex conjugate	$A^* = \{a^*(m, n)\}$	
Conjugate transpose	$A^{*T} = \{a^*(n, m)\}$	
Identity matrix	$I = \{\delta(m - n)\}$	A square matrix with unity along its diagonal.
Null matrix	$O = \{0\}$	All elements are zero.
Matrix addition	$A + B = \{a(m, n) + b(m, n)\}$	A, B have same dimensions.
Scalar multiplication	$\alpha A = \{\alpha a(m, n)\}$	
Matrix multiplication	$c(m, n) \triangleq \sum_{k=1}^K a(m, k) b(k, n)$	$C \triangleq AB$, A is $M \times K$, B is $K \times N$, C is $M \times N$. $AB \neq BA$.
Commuting matrices	$AB = BA$	Not true in general.
Vector inner product	$\langle x, y \rangle \triangleq x^{*T} y = \sum_n x^*(n) y(n)$	Scalar quantity. If zero, x and y are called orthogonal.
Vector outer product	$xy^T = \{x(m) y(n)\}$	x is $M \times 1$, y is $N \times 1$; outerproduct is $M \times N$; is a rank 1 matrix.
Symmetric	$A = A^T$	
Hermitian	$A = A^{*T}$	A real symmetric matrix is Hermitian. All eigenvalues are real.
Determinant	$ A $	For square matrices only.
Rank [A]	Number of linearly independent rows or columns.	
Inverse, A^{-1}	$A^{-1}A = A A^{-1} = I$	For square matrices only.
Singular	A^{-1} does not exist	$ A = 0$
Trace	$\text{Tr}[A] = \sum_n a(n, n)$	Sum of the diagonal elements.
Eigenvalues, λ_k	All roots $ A - \lambda_k I = 0$	
Eigenvectors, ϕ_k	All solutions $A \phi_k = \lambda_k \phi_k$, $\phi_k \neq 0$	
ABCD lemma	$(A - BCD)^{-1} = A^{-1} + A^{-1} B(C^{-1} - DA^{-1} B)^{-1} DA^{-1}$	A, C are nonsingular.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Row and Column Ordering

บางครั้งจะมีความจำเป็นในการเขียน matrix ในรูปแบบของ vector ตัวอย่างเช่น เมื่อต้องมีการเก็บภาพ (storing image) ลงในแผ่น diskette หรือ magnetic tape ให้

$$\chi = \mathcal{O}\{x(m, n)\}$$

เป็นลำดับ one-to-one order ของสมาชิกของ array $\{x(m, n)\}$ ลงใน vector χ

สำหรับ $M \times N$ matrix การทำการ mapping จะใช้วิธีการที่เรียกว่า lexicographic หรือ dictionary ordering ดังนั้น row ordered vector จะสามารถกำหนดได้จาก

$$\begin{aligned}\chi^T &= [x(1, 1) \ x(1, 2) \ \dots \ x(1, N) \ x(2, 1) \ \dots \ x(2, N) \ \dots \ x(m, 1) \ \dots \ x(M, N)]^T \\ &= \mathcal{O}_r\{x(m, n)\}\end{aligned}\quad (2.1.36a)$$

ดังนั้น χ^T ก็จะเป็น row vector โดยถือเอา stacking ของแต่ละ row ไปไว้ทางขวาของ vector ก่อนหน้านี้ สำหรับการ mapping แบบอื่น ๆ ที่ใช้กันมากก็คือ column-by-column stacking เป็นการให้ column order vector เป็น

$$\begin{aligned}\chi^T &= [x(1, 1) \ x(2, 1) \ \dots \ x(M, 1) \ x(1, 2) \ \dots \ x(M, 2) \ \dots \ x(1, M) \ \dots \ x(M, N)]^T \\ &= \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_N \end{bmatrix} = \mathcal{O}_c\{x(m, n)\}\end{aligned}\quad (2.1.36b)$$

เมื่อ x_N เป็น n th column ของ X

Transposition and Conjugation Rules.

1. $A^{*T} = [A^T]^*$
2. $[AB]^T = B^T A^T$
3. $[A^{-1}]^T = [A^T]^{-1}$
4. $[AB]^* = A^* B^*$

หมายเหตุ conjugate transpose จะเขียนได้ในรูปแบบ A^{*T}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด **Toeplitz and Circulant Matrices** โจหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Toeplitz matrix T เป็น matrix ที่มีสมาชิกที่มีค่าคงที่วางทะแยงมุมในแนวของ main diagonal และ subdiagonals ซึ่งหมายถึงสมาชิก (element) $t(m,n)$ นั้นขึ้นอยู่กับความแตกต่างของ $m - n$ เท่านั้น ตัวอย่าง $t(m, n) = t_{m-n}$ ดังนั้น $M \times N$ Toeplitz matrix จะเป็น

$$T = \begin{bmatrix} t_0 & t_{-1} & \dots & t_{-N+1} \\ t_1 & t_0 & t_{-1} & t_{-N+2} \\ t_2 & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & t_{-1} \\ t_{N-1} & t_2 & t_1 & t_0 \end{bmatrix} \quad (2.1.37)$$

และจำกัดความที่สมมาตรโคสมิมาตริก $(2N - 1)$ element $\{t_k, -N + 1 \leq k \leq N - 1\}$

Toeplitz matrix จะเป็นการพิจารณา input-output transformation ของ one-dimensional linear shift invariant system และมีความสัมพันธ์กับ matrix ของ stationary sequences matrix C จะถูกเรียกว่า circulant ถ้าแต่ละ row (หรือ column) ของตัวมันเองเป็นการเลื่อนแบบวงกลม (circular shift) ของ row ก่อนหน้านั้น (หรือ column ก่อนหน้านั้น)

$$C = \begin{bmatrix} c_0 & c_1 & c_2 & \dots & c_{N-1} \\ c_{N-1} & c_0 & c_1 & & c_{N-2} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ c_2 & & & & c_1 \\ c_1 & c_2 & \dots & c_{N-1} & c_0 \end{bmatrix} \quad (2.1.38)$$

หมายเหตุ C เป็น Toeplitz และ

$$c(m, n) = c((m - n) \text{ modulo } N) \quad (2.1.39)$$

Circulant matrix เป็นการพิจารณาพฤติกรรม input-output ของระบบ one-dimensional linear periodic system และมีความสัมพันธ์กับ matrix ของ periodic sequences

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Orthogonal and Unitary Matrices

orthogonal matrix เป็น inverse matrix ของตัวมันเองซึ่งมีค่าเท่ากับ transpose ของตัวมันเอง ตัวอย่าง

$$A \text{ เป็น orthogonal เมื่อ } A^{-1} = A^T$$

$$\text{หรือ } A^T A = A A^T = I \quad (2.1.40)$$

real orthogonal matrix จะเป็น unitary matrix แทนอ แต่ unitary matrix นั้นไม่จำเป็นต้องเป็น orthogonal จากการค้นหาจากคำจำกัดความจะแสดงให้เห็นว่า column (หรือ row) ของ $N \times N$ unitary matrix จะเป็น orthogonal และมีรูปแบบเป็น a complete set ของ basis vectors ใน N -dimensional vector space



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 IMAGE TRANSFORMS

คำว่า image transforms มักจะใช้คำอ้างอิงถึงประเภทของ unitary matrices ที่ใช้สำหรับ สำหรับการแสดงภาพ image เช่น สัญญาณ one-dimensional signal สามารถนำเสนอได้โดยการใช้อนุกรม orthogonal series ของ basis function ที่ภาพ image สามารถที่จะเพิ่มขึ้นในเทอมของ a discrete set ของ basis array ซึ่งเรียกว่า basis images โดย basis images นี้สามารถที่จะสร้างขึ้น ได้โดย unitary matrices หรือในทางกลับกันภาพ image ขนาด $N \times N$ สามารถทำให้มองอยู่ในรูปของ vector ที่มีขนาด $N^2 \times 1$ ได้ Image transform เป็นจะการจัดเตรียม set of coordinates หรือ basis vectors for vector space

สำหรับ continuous function นั้น orthogonal series expansions จะเป็นการจัดเตรียมอนุกรม series coefficient ที่จะสามารถนำไปใช้สำหรับการประมวลผลหรือการวิเคราะห์ที่ฟังก์ชันกันต่อไป สำหรับลำดับ one-dimensional sequence ของ $\{u(n), 0 \leq n \leq N-1\}$ นำเสนอใหม่ในรูปของ vector u of size N ซึ่ง unitary transformation จะเขียนได้เป็น

$$v = Au \Rightarrow v(k) = \sum_{n=0}^{N-1} a(k, n) u(n) \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (2.2.1)$$

เมื่อ $A^{-1} = A^{*T}$ (unitary).

$$\text{จะได้ } u = A^{*T} v \Rightarrow u(n) = \sum_{k=0}^{N-1} v(k) a^{*}(k, n) \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.2.2)$$

ในสมการที่(2.2.2) จะเห็นได้ว่าเป็นการนำเสนออนุกรมของ sequence $u(n)$ ใหม่ ซึ่ง column ของ A^{*T} เป็น vector $a^*_k = \{a^*(k, n), 0 \leq n \leq N-1\}^T$ จะถูกเรียกว่า basis vector of A ในรูปที่ 2.2.1 แสดงถึงตัวอย่างของ basis vector ของ orthogonal transform แบบต่าง ๆ ที่จะพบ อยู่ใน image processing

อนุกรมสัมประสิทธิ์ (series coefficients) $v(k)$ จะให้การนำเสนอใหม่ของ original sequence $u(n)$ และจะมีการใช้กันมากในเรื่อง filtering, data compressing, feature extraction และใช้ในการวิเคราะห์ในรูปแบบของอื่น ๆ

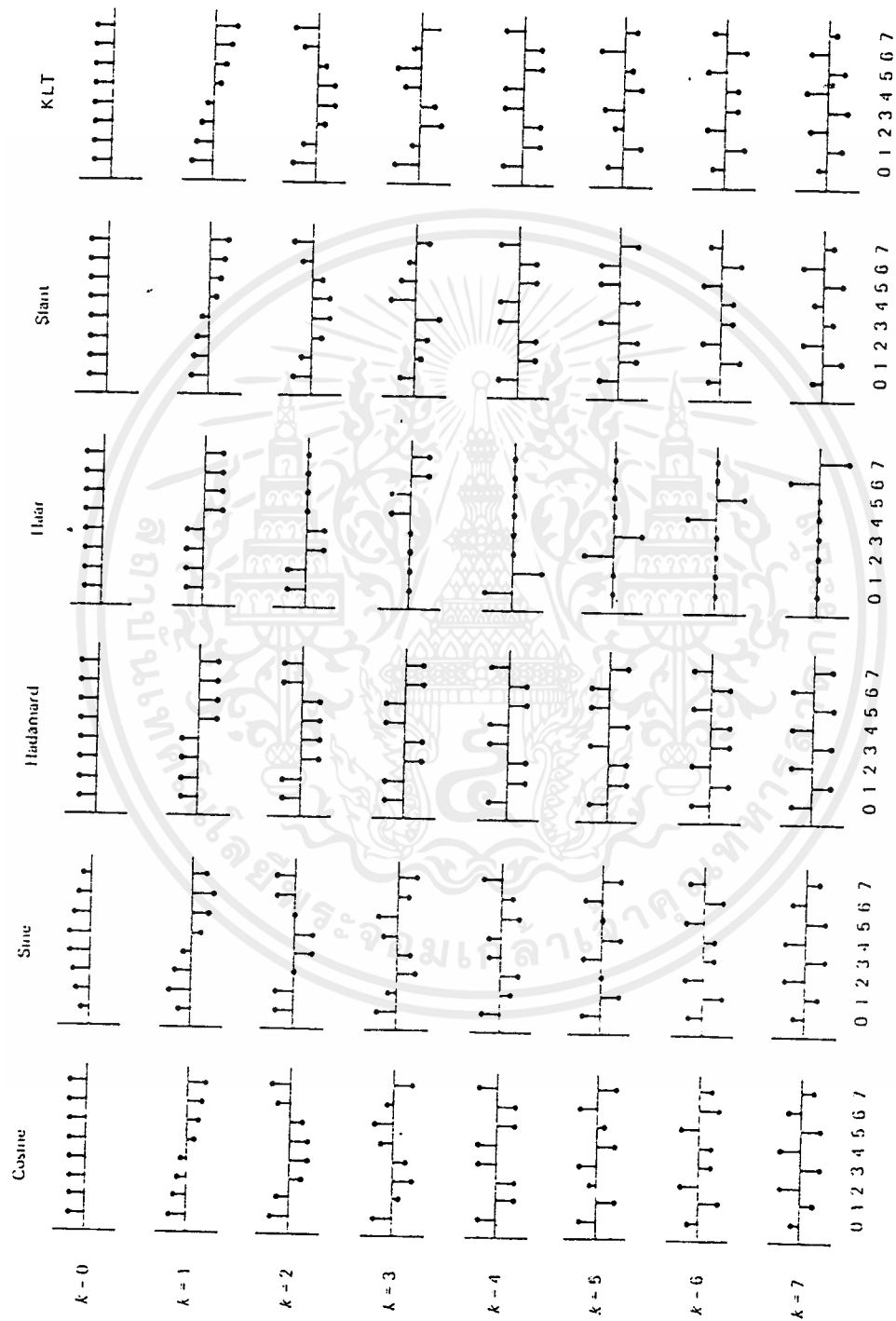


Figure Basic vectors of the 8×8 transforms.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TWO-DIMENSIONAL ORTHOGONAL AND UNITARY TRANSFORMS

ในข้อความบรรยายของ image processing โดยทั่วไป orthogonal series expansion

ภาพ image $u(m, n)$ ขนาด $N \times N$ ก็คือคู่ของการ transformation ที่อยู่ในรูปแบบ

$$v(k, l) = \sum_{m, n=0}^{N-1} u(m, n) a_{k,l}(m, n) \quad 0 \leq k, l \leq N-1 \quad (2.2.3)$$

$$u(m, n) = \sum_{k, l=0}^{N-1} v(k, l) a_{k,l}^*(m, n) \quad 0 \leq m, n \leq N-1 \quad (2.2.4)$$

เมื่อ $\{a_{k,l}(m, n)\}$ ซึ่งถูกเรียกว่า image transform เป็น set ของ complete orthonormal discrete basis function ซึ่งจะหาคุณสมบัติได้เป็น

$$\text{Orthonormality: } \sum_{m, n=0}^{N-1} a_{k,l}(m, n) a_{k',l'}^*(m, n) = \delta(k - k', l - l') \quad (2.2.5)$$

$$\text{Completeness: } \sum_{m, n=0}^{N-1} a_{k,l}(m, n) a_{k',l'}^*(m', n') = \delta(m - m', n - n') \quad (2.2.6)$$

ค่าของ $v(k, l)$ ซึ่งจะเรียกว่า transform coefficients

และ $V = \{v(k, l)\}$ ซึ่งจะเรียกว่า transform image

จากคุณสมบัติ Orthonormality property จะทำให้ทราบว่าผลของอนุกรมจะอยู่ในรูปแบบ

$$u_{P,Q}(m, n) = \sum_{k=0}^{P-1} \sum_{l=0}^{Q-1} v(k, l) a_{k,l}^*(m, n), \quad P \leq N, Q \leq N \quad (2.2.7)$$

โดยจะได้ค่าน้อยที่สุดของผลรวมความคลาดเคลื่อนกำลังสอง (minimize the sum of square error) เป็น

$$\sigma_c^2 = \sum_{m, n=0}^{N-1} [u(m, n) - u_{P,Q}(m, n)]^2 \quad (2.2.8)$$

เมื่อต้นประสิทธิ์ $v(k, l)$ จะหาค่าได้จากสมการที่ (2.2.3)

คุณสมบัติ Completeness property บอกให้ทราบแน่นอนว่า ความคลาดเคลื่อนจะเป็นศูนย์

เมื่อ $P = Q = N$

Separable Unitary Transforms

จำนวนของการคูณและการบวกที่ต้องการเพื่อใช้ในการคำนวณหา transform coefficients $v(k, l)$ ที่จะใช้ในสมการที่ (2.3) ก็คือ $O(N^4)$ ซึ่งเป็นจำนวนที่มากเกินไปสำหรับที่จะใช้ในทางปฏิบัติ ขนาดของปัญหาที่เกิดขึ้นนี้จะสามารถลดทอนลงเป็น $O(N^3)$ เมื่อการ transform ถูกจำกัดขอบเขตเป็น แบบแยกตัวแปรได้ (separable) นั่นคือ

$$a_{k,l}(m, n) = a_k(m)b_l(n) = a(k, m)b(l, n) \quad (2.2.9)$$

เมื่อ $\{a_k(m), k=0, \dots, N-1\}, \{b_l(n), l=0, \dots, N-1\}$ เป็น one-dimensional complete orthonormal set ของ basis vector

การกำหนดในสมการที่ (2.2.5) และ (2.2.6) แสดงได้ว่า $A = \{a(k,m)\}$ และ $B = \{b(l,n)\}$ โดยจะเป็น unitary matrices ของตัวจริง นั่นคือ

$$AA^*T = A^TA^* = I \quad (2.2.10)$$

ในบางครั้งเราจะให้ค่า B มีค่าเท่ากับ A ดังนั้นสมการที่ (2.2.3) และ (2.2.4) ก็จะถูกลดทอนลงเป็น

$$v(k, l) = \sum_{m,n=0}^{N-1} a(k, m) u(m, n) a(l, n) \quad \leftrightarrow \quad V = AUA^T \quad (2.2.11)$$

$$u(m, n) = \sum_{k,l=0}^{N-1} a^*(k, m) v(k, l) a(l, n) \quad \leftrightarrow \quad U = A^*TVA^* \quad (2.2.12)$$

สำหรับ $M \times N$ rectangular image คู่ของการแปลงรูป (transform pair) คือ

$$V = A_M U A_N \quad (2.2.13)$$

$$U = A_M^* T V A_N^* T \quad (2.2.14)$$

เมื่อ A_M และ A_N เป็น $M \times N$ และ $N \times N$ Unitary matrices ตามลำดับ ซึ่งจะถูกระบุว่า two-dimensional separable transformations เว้นเสียแต่ในสถานะอื่น ๆ เราจะหมายถึง separability ยันก่อนหน้านี้ เมื่อเราพูดถึง two-dimensional separable transformation

ในสมการที่ (2.2.11) สามารถที่จะเขียนได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกหรือเผยแพร่ข้อมูลหรือเนื้อหาใดๆ ของเอกสารนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณาไปใช้

$$V^T = A[AU]^T \quad (2.2.15)$$

ซึ่งหมายความว่าสมการที่ (5.11) จะมีการดำเนินการโดยเริ่มต้นการแปลง transforming ในแต่ละ column ของ U แล้วจึงทำการแปลงในแต่ละ row ของผลลัพธ์ที่ถือว่าเป็น rows ของ V

Basis Images

ให้ a_k^* แทนแทน kth column ของ A^{*T} ซึ่งจะกำหนด matrices ได้เป็น

$$A_{k,l}^* = a_k^* a_l^{*T} \tag{2.2.16}$$

และ matrix inner product ของ 2 matrice F และ G ที่มีขนาด $N \times N$ เป็น

$$\langle F, G \rangle = \sum_{m=0}^{N-1} \sum_{n=0}^{N-1} f(m, n) g^*(m, n) \tag{2.2.17}$$

ดังนั้นสมการที่ (5.4) และ (5.3) ก็จะเป็นการการนำสมการให้ series representation สำหรับ image เป็น

$$U = \sum_{k,l=0}^{N-1} v(k, l) A_{k,l}^* \tag{2.2.18}$$

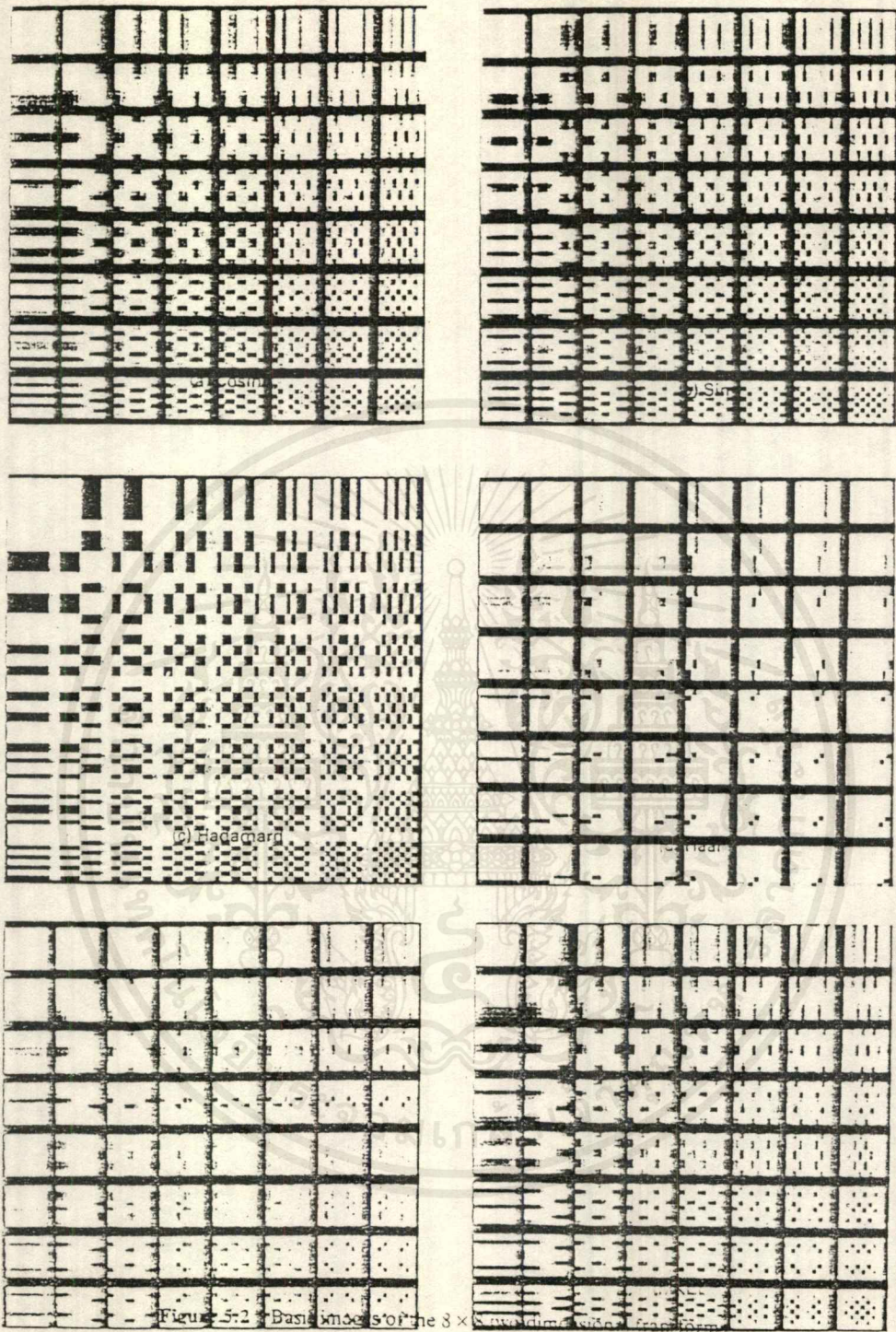
$$v(k, l) = \langle U, A_{k,l}^* \rangle \tag{2.2.19}$$

สมการที่ (5.18) แสดงนิพจน์ของ image U เป็นลักษณะเดียวกับ linear combination ของ N^2 matrices $A_{k,l}^*$, $k, l = 0, \dots, N-1$ ซึ่งจะเรียกว่า basis image รูปที่ 5.2 แสดงถึง 8×8 basis image สำหรับการแปลงรูปในแต่ละรูปแบบที่อยู่ในรูปที่ 5.1 สมประสิทธิ์การแปลงรูป transform coefficient $v(k, l)$ เป็นรูปอย่างง่าย ๆ ของ inner product ของ (k,l)th basis image กับตัว image ซึ่งมักจะเรียกรวมว่าเป็นการ projection ของ image ลงบน (k, l)th basis image เพราะฉะนั้นทุก ๆ $N \times N$ image จะสามารถเขียนขยายในอนุกรมที่ใช้ complete set ของ N^2 basis image หาก U และ V เป็นการ mapped ลงไปที่ vector ในลักษณะ row ordering ดังนั้นสมการที่ (2.2.11), (2.2.12) และ (2.2.13) จะให้ผลลัพธ์เป็น

$$v = (A \otimes A) u = \mathcal{A} u \tag{2.2.20}$$

$$u = (A \otimes A)^* v = \mathcal{A}^{*T} v \tag{2.2.21}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ เมื่อ $\mathcal{A} = A \otimes A$ (2.2.22)



เป็น unitary matrix คำนึงจาก unitary transform A ที่ได้มา two-dimensional separable unitary transformation จะสามารถที่จะกำหนดได้โดยการผ่านสมการที่ (2.2.20) หรือ (2.2.13)

Kronecker Products and Dimensionality

dimensionality ของ image transform สามารถหรือรู้ได้ในเรื่องของ Kronecker Products separability

ให้ arbitrary one-dimensional transformation

$$y = Ax \tag{2.2.23}$$

เราจะเรียกว่าเป็น separable ถ้าหาก

$$A = A_1 \otimes A_2 \tag{2.2.24}$$

นี่เป็นเพราะว่าสมการที่ (5.23) สามารถที่จะลดทอนลงเป็น separable two-dimensional transformation

$$Y = A_1 X A_2^T \tag{2.2.25}$$

เมื่อ X และ Y เป็น matrix ที่ map ลงไปที่ vector x และ y ตามลำดับในลักษณะ row ordering หาก เป็น $N^2 \times N^2$ และ A_1, A_2 เป็น $N \times N$ ดังนั้นจำนวนการดำเนินการที่ต้องใช้ในการ implementing สมการที่ (5.25) จะลดลงจาก N^4 ลงเหลือ $2N^3$ และจำนวนของการดำเนินการที่สามารถที่จะลดทอนลงได้อีกหาก A_1 และ A_2 นั้นเป็นแบบ separable

image transforms ในแบบต่าง ๆ เช่น discrete Fourier , sine , cosine , Hadamard , Haar และ Slant สามารถที่จะเป็นองค์ประกอบ (factors) เช่นเดียวกับ Kronecker products ของ matrices ขนาดเล็กอื่น ๆ ที่จะนำไปใช้เป็น algorithms ที่รวดเร็วขึ้นสำหรับการ implementation

Dimensionality of Image Transforms

จำนวนการคำนวณ $2N^3$ ครั้งสำหรับ V สามารถลดทอนลงได้โดยการจำกัดทางเลือกของ A โดยการใช้ fast-transforms ซึ่งมีโครงสร้างของ matrix ที่อนุญาตให้ factorization ของตัวเองเป็น

$$A = A_{(1)} A_{(2)} \dots A_{(p)} \tag{2.2.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 เมื่อ $A_{(j)}$ $j = 1, \dots, p$ ($p \ll N$) เป็น matrix ที่นำเข้ามาไม่มีค่าเป็นศูนย์

(หรือ $N \ll p$) ดังนั้นการคูณของ $Y = AX$ จะเป็นการดำเนินการให้สำเร็จได้ใน pn ครั้ง

สำหรับ Fourier , sine , cosine , Hadamard , Slant และการ transform แบบอื่น ๆ นั้น $p \log_2 N$ และการลดทอนการดำเนินการจะมีค่าเป็น $N \log_2 N$ (หรือ $N^2 \log_2 N$ สำหรับ $N \times N$ image) ขึ้นอยู่กับการ transform ที่ใช้อยู่จริง ในการดำเนินการครั้งหนึ่งกำหนดได้ว่าเป็นการคูณและการบวก หรือ การลบหนึ่งครั้งคงข่มใน Fourier transform หรือเป็นการบวกหรือการลบหนึ่งครั้งคงข่มใน Hadamard transform

Transform Frequency

สำหรับ สัญญาณ one-dimension signal $f(x)$ ความถี่ (frequency) จะหาได้จาก Fourier domain variable ซึ่งจะเป็นการแสดงถึงจำนวนของ zero crossing ของ real part หรือ imagin part ของ basis function $\exp[j2\pi x]$ แนวความคิดนี้เป็นการกล่าวอย่างกว้าง ๆ ในการกำหนด unitary transform

ให้ rows ของ unitary matrix A เป็นการเตรียมให้เป็นจำนวนของ zero crossing ที่เพิ่มขึ้นโดยจำนวนของ row ดังนั้นในการ transformation

$$y = Ax$$

สมาชิกของ $y(k)$ จะเป็นแถวหรือลำดับที่ไปเพิ่ม wave number หรือ transform frequency สิ่งที่ได้ความถี่จะใช้อ้างอิงถึง frequency จะแสดงให้เห็นถึง transform frequency นั่นคือ discrete Fourier frequency , cosine frequency และอื่น ๆ

ในเทอมของ spatial frequency โดยทั่ว ๆ ไปจะใช้อ้างอิงถึง continuous Fourier transform frequency ซึ่งมันไม่เหมือนกับ discrete Fourier frequency ในกรณีของ Hadamard transform เทอมที่ถูกเรียกว่า sequency จะเป็นเทอมที่ถูกนำมาใช้ ซึ่งควรจะหมายความว่า แนวความคิดเรื่องความถี่นี้จะใช้กับ relative basis สำหรับ particular transform เท่านั้น

The Optimum Transform

ยังมีสิ่งอื่น ๆ ที่สำคัญมากในการประกอบการพิจารณาในการเลือกใช้ transform ที่ให้ประสิทธิภาพในเรื่องของการ filtering และ data compression ของ image บนพื้นฐานของ mean square criterion การแปลงแบบ Karhunen-Loeve transform (KLT) เป็นที่ทราบว่าเป็น optimum ที่สัมพันธ์กับ criterion

PROPERTIES OF UNITARY TRANSFORMS

Energy Conservation and Rotation

ในการแปลงแบบ unitary transformation

$$v = Au$$

$$\|v\|^2 = \|u\|^2 \quad (2.2.27)$$

นี่เป็นการพิสูจน์อย่างง่าย ๆ โดยไม่ต้องคิดอย่างนี้

$$\|v\|^2 = \sum_{k=0}^{N-1} |v(k)|^2 = v^*T v = u^*T A^*T A u = u^*T u = \sum_{n=0}^{N-1} |u(n)|^2 = \|u\|^2$$

ดังนั้น unitary transformation ก็จะเป็นการรักษาพลังงานสัญญาณ (signal energy) ให้คงอยู่ ซึ่งหมายความว่าทุก ๆ unitary transformation จะเป็นการหมุนอย่าง ๆ ของ basis coordinates และ องค์ประกอบของ v ก็จะเป็นการ projection ของ u บน basis ใหม่

ในลักษณะคล้ายคลึงกัน two-dimensional unitary transformations ตัวอย่างเช่นสมการที่ (2.2.3), (2.2.4) และ (2.2.11) ถึง (2.2.14) สามารถทำการพิสูจน์ได้เป็น

$$\sum_{m,n=0}^{N-1} |u(m,n)|^2 = \sum_{k,l=0}^{N-1} |v(k,l)|^2 \quad (2.2.28)$$

Energy Compaction and Variances of Transform Coefficients

unitary transform โดยมากนั้นจะมีความโน้มเอียงที่จะบรรจุ (pack) เศษส่วนที่มีขนาดใหญ่ของ average energy ของภาพ image โดยสัมพันธ์กับในส่วนประกอบจำนวนหนึ่งของ transform coefficients ฉะนั้น ผลรวมของ energy ก็จะถูกรักษาให้คงอยู่ ซึ่งหมายความว่าจำนวนของ transform coefficients จะเก็บ energy น้อยมาก หาก u และ R_u เขียนแทนค่า mean และ covariance ของ vector u ดังนั้นปริมาณที่สอดคล้องกันสำหรับการ transformed vector v จะหาได้จาก

$$\mu_v = E[v] = E[Au] = A\mu_u \quad (2.2.29)$$

$$R_v = E[(v - \mu_v)(v - \mu_v)^*T]$$

$$= A(E[(u - \mu_u)(u - \mu_u)^*T]) A^*T = AR_u A^*T \quad (2.2.30)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีที่มีการใช้ในวงจำกัด ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความแปรปรวนแปรของ transform coefficient จะหาได้จาก diagonal elements ของ R_v นั่นคือ

$$\sigma_v^2(k) = [R_v]_{k,k} = [AR_v A^*T]_{k,k} \quad (2.2.31)$$

เนื่องจากว่า A เป็น unitary จึงส่งผลให้

$$\sum_{k=0}^{N-1} |\mu_v(k)|^2 = \mu_v^*T \mu_v = \mu_u^*T A^*T A \mu_u = \sum_{n=0}^{N-1} |\mu_u(n)|^2 \quad (2.2.32)$$

$$\sum_{k=0}^{N-1} \sigma_v^2(k) = \text{Tr}[AR_v A^*T] = \text{Tr}[R_u] = \sum_{n=0}^{N-1} \sigma_u^2(n) \quad (2.2.33)$$

$$\sum_{k=0}^{N-1} E[|v(k)|^2] = \sum_{n=0}^{N-1} E[|u(n)|^2] \quad (2.2.34)$$

พลังงานเฉลี่ย (average energy) $E[|v(k)|^2]$ ของ transform coefficient $v(k)$ จะนำไปสู่
 ผู้การกระจายที่ไม่สม่ำเสมอถึงแม้ว่ามันจะเป็นการกระจายอย่างสม่ำเสมอที่ input sequence $u(n)$
 ส่วน two-dimensional random field $u(m,n)$ ก็จะมีค่า mean เป็น $\mu(m,n)$ และ ความปรวนแปรร่วม
 (covariance) จะเป็น $r(m, n; m', n')$ ซึ่งค่าของ transform coefficients $v(k,l)$ จะมีคุณสมบัติ
 เป็นที่ที่น่าสนใจ

$$\mu_v(k, l) = \sum_m \sum_n a(k, m) a(l, n) \mu_u(m, n) \quad (2.2.35)$$

$$\sigma_v^2(k,l) = E[|v(k,l) - \mu_v(k,l)|^2] \quad (2.2.36)$$

$$= \sum_m \sum_{m'} \sum_n \sum_{n'} a(k, m) a(l, n) r(m, n; m', n') a^*(k, m) a^*(l, n')$$

หากค่าความปรวนแปรร่วมของ $u(m,n)$ เป็น separable นั่นคือ

$$r(m, n; m', n') = r_1(m, m') r_2(n, n') \quad (2.2.37)$$

ฉะนั้นความปรวนแปรของ transform coefficients ก็สามรถที่จะเขียนได้ในรูปแบบของ separable
 product

$$\begin{aligned} \sigma_v^2(k, l) &= \sigma_1^2(k) \sigma_2^2(l) \\ &= [AR_1 A^*T]_{k,k} [AR_2 A^*T]_{l,l} \end{aligned} \quad (2.2.38)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าการใด เมื่อ R_1 มีค่า $\{r_1(m, m')\}$ และ R_2 คือ $\{r_2(n, n')\}$ เอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Decorrelation

เมื่อ input vector element มีความเกี่ยวพันกันสูงนั้น transform coefficient จะทำให้เกิดความไม่เกี่ยวข้องกันซึ่งหมายความว่า off-diagonal term ของ covariance matrix R_v ทำให้เกิดเป็นการเปรียบเทียบกับขนาดเล็ก ๆ กับ diagonal elements

Other properties

unitary transform มีคุณสมบัติที่น่าสนใจอื่น ๆ อีกเช่น determinant และ eigenvalues ของ unitary matrix ที่มี unitary magnitude โคซหตุที่ entropy ของ random vector จะถูกรักษาให้คงอยู่ภายใต้ unitary transformation เนื่องจาก entropy จะเป็นการวัดของ average information ซึ่งหมายความว่า information จะถูกรักษาให้คงอยู่ภายใต้ unitary transformation

THE ONE-DIMENSIONAL DISCRETE FOURIER TRANSFORM (DFT)

discrete Fourier transform (DFT) ของอนุกรม $\{u(n), n = 0, \dots, N-1\}$ สามารถกำหนดได้เป็น

$$v(k) = \sum_{n=0}^{N-1} u(n)W_N^{kn}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.2.39)$$

$$\text{เมื่อ } W_N = \exp(-j2\pi/N) \quad (2.2.40)$$

และ inverse transform จะหาได้จาก

$$u(n) = (1/N) \sum_{k=0}^{N-1} v(k)W_N^{-kn}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.2.41)$$

คู่ของสมการ (2.2.39) และ (2.2.41) ไม่ใช่นิยามโดยตรงที่จะเป็น unitary transformations ใน image processing จะเป็นการสะดวกมากในการพิจารณา unitary DFT โดยที่กำหนดเป็น

$$v(k) = (1/\sqrt{N}) \sum_{n=0}^{N-1} u(n)W_N^{kn}, \quad k = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.2.42)$$

$$u(n) = (1/\sqrt{N}) \sum_{k=0}^{N-1} v(k)W_N^{-kn}, \quad n = 0, 1, \dots, N-1 \quad (2.2.43)$$

ดังนั้น $N \times N$ unitary matrix F จะหาได้โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มากรณาไปใช้

$$F = (1/\sqrt{N}) W_N^{kn}, \quad 0 < k, n < N-1 \quad (2.2.44)$$

ในการอ้างอิงถึง DFT และ unitary DFT ต่อไปข้างหน้าจะแสดงให้เห็นความจำกัดความของสมการ (2.2.39) และ (2.2.42) ตามลำดับ DFT นี้เป็นหนึ่งในจำนวนการ transforms ที่สำคัญใน digital signal และ image processing ซึ่งมีหลาย ๆ คุณสมบัติที่ทำให้น่าสนใจใน image processing applications

Properties of the DFT/Unitary DFT.

ให้ $u(n)$ เป็นอนุกรมของตัวคงที่ชั่วขณะที่กำหนดโดย $n = 0, 1, \dots, N-1$ การเลื่อนเป็นวงกลม (circular shift) ของ $u(n)$ โดย 1 จะเขียนได้เป็น $u(n-1)_c$ เป็นการกำหนดเช่นเดียวกับ $u[(n-1) \text{ modulo } N]$ ดังในรูป 2.2.3 เมื่อ $l = 2, N = 5$

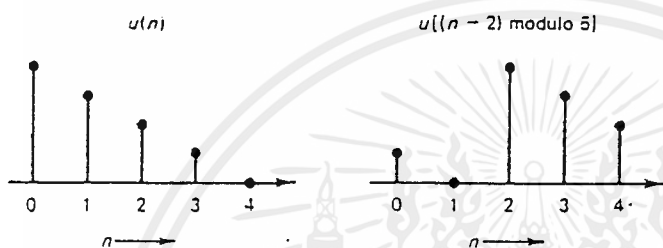


Figure Circular shift of $u(n)$ by 2.

The DFT and Unitary DFT matrices are symmetric.

จากค่าจำกัดความ matrix F จะมีความสมมาตร ดังนี้

$$F^{-1} = F^* \quad (5.2.245)$$

The extensions are periodic.

การเพิ่มขยายของ DFT และ unitary DFT ของอนุกรมและ inverse transforms ของมันคือเป็นคาบเวลาที่มีคาบเป็น N ตัวอย่างเช่น ในค่าจำกัดความของสมการ (2.2.42) เราให้ k เป็นค่า integer values ทั้งหมด ดังนั้นอนุกรม $v(k)$ จะปรากฏผลเป็นคาบเวลา นั่นคือ $v(k) = v(k + N)$ สำหรับทุก ๆ ค่า k

The DFT is the sampled spectrum of the finite sequence $u(n)$ extended by zeros outside the interval $[N-1]$

หากเรากำหนดให้อนุกรม zero-extended sequence

$$u(n) = \begin{cases} u(n), & 0 < n < N-1 \\ 0, & \text{ในกรณีอื่น ๆ} \end{cases} \quad (2.2.46)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะ ได้ Fourier transform ของมันเป็น

$$\tilde{U}(\omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} u(n) \exp(-j\omega n) = \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \exp(-j\omega n) \quad (2.2.47)$$

เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับสมการ (2.2.39) เราจะ ได้

$$v(k) = \tilde{U}(2\pi k/N) \quad (2.2.48)$$

หมายเหตุ unitary DFT ของสมการ (2.2.42) จะเป็น $\tilde{U}(2\pi k/N) / \sqrt{N}$

The DFT and unitary DFT of dimension N can be implemented by a fast algorithm in $O(N \log_2 N)$ operations. มีชนิดของ algorithm อย่างหนึ่งซึ่งเรียกว่า fast Fourier transform (FFT) ซึ่งต้องการการทำงานเพียง $O(N \log_2 N)$ ครั้งสำหรับการทำ DFT หรือ unitary DFT สมบูรณ์ โดยในหนึ่งครั้งของการทำงานจะเป็นการคูณด้วยจำนวนจริงหนึ่งครั้ง และ เป็นการบวกด้วยจำนวนจริงหนึ่งครั้ง การนับการทำงานที่แน่นอนนั้นจะขึ้นอยู่กับค่าของ N ธรรมดาโดยมากแล้ว FFT algorithm นั้นต้องการ $N = 2^p$ เมื่อ p เป็นค่าจำนวนเต็มบวก

The DFT or unitary DFT of real sequence $\{x(n), n = 0, \dots, N-1\}$ is conjugate symmetric about $N/2$.

จากสมการ (2.2.42) เราจะ ได้

$$v^*(N-k) = \sum_{n=0}^{N-1} u^*(n) W_N^{-(N-k)n} = \sum_{n=0}^{N-1} u(n) W_N^{kn} = v(k)$$

$$v\left(\frac{N-k}{2}\right) = v^*\left(\frac{N+k}{2}\right), \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2.2.49)$$

$$\left|v\left(\frac{N-k}{2}\right)\right| = \left|v\left(\frac{N+k}{2}\right)\right| \quad (2.2.50)$$

รูปที่ 2.2.4 แสดงถึง 256-sample scan line of an image ขนาด magnitude ของ DFT ของมัน จะแสดงในรูปที่ 2.2.5 โดยแสดงถึงความสมมาตรที่จุด 128 หากเราพิจารณาถึงความเวลาที่เพิ่มขึ้นของ $v(k)$ เราจะ ได้

$$v(-k) = v(N-k)$$

เหตุนี้ความถี่ (unitary) DFT $N/2 + k, k = 0, \dots, N/2 - 1$ จะทำให้ negative frequencies ที่จุด

$\omega = (2\pi/N)(-N/2 + k)$ ใน Fourier spectrum ของ finite sequence $\{u(n), 0 < n < N-1\}$ การค้า

ไม่ว่าเป็นรูปอย่างง่าย ๆ ดังนั้น จากสมการ (2.2.39) และ (2.2.49) เราจะ ได้ $v(0)$ และ $v(N/2)$ เป็น real

ค่านั้นอนุกรม $N \times 1$ real sequence

$$v(0), \{ \operatorname{Re}\{v(k)\}, k = 1, \dots, N-1 \}, \{ \operatorname{Im}\{v(k)\}, k = 1, \dots, N-1 \}, v(N) \quad (2.251)$$

เป็นการกำหนด DFT of the real sequence $x(n)$ อย่างสมบูรณ์ เพราะฉะนั้นจึงกล่าวได้ว่า DFT หรือ unitary DFT ของ $N \times 1$ real sequence มี N degree ที่เป็นอิสระเสรี และต้องการขนาดความถี่ที่เก็บขนาดเดียวกันกับอนุกรมของตัวอง

The basis vectors of the unitary DFT are the orthonormal eigenvectors of any circulant matrix. Moreover, the eigenvalues of a circulant matrix are given by the DFT of its first column. ให้ H เป็น $N \times N$ circulant matrix ดังนั้น ส่วนประกอบของมันจะหาได้จาก

$$[H]_{m,n} = h(m-n) = h[(m-n) \bmod N], \quad 0 \leq m, n \leq N-1 \quad (2.252)$$

ตัว basis vectors ของ unitary DFT ก็คือ column ของ $F^*T = F^*$ นั่นคือ

$$\Phi_k = \frac{1}{\sqrt{N}} W_N^{-kn}, \quad 0 \leq n \leq N-1, \quad k = 0, \dots, N-1 \quad (2.253)$$

ให้พิจารณาถึงนิพจน์

$$[H\Phi_k]_m = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{n=0}^{N-1} h(m-n) W_N^{-kn} \quad (2.254)$$

โดยการเขียน $m-n=1$ และทำการจัดรูปแบบเศษใหม่เราก็จะเขียนได้เป็น

$$[H\Phi_k]_m = \frac{1}{\sqrt{N}} W_N^{-km} \left(\sum_{l=0}^{m-1} h(1) W_N^{kl} + \sum_{l=m}^{N-1} h(1) W_N^{kl} - \sum_{l=0}^{m-1} h(1) W_N^{kl} \right) \quad (2.255)$$

โดยการใช้อนุกรมที่ (5.52) และความเป็นจริงที่ว่า $W_N^{-1} = W_N^{N-1}$ (เนื่องจาก $W_N^N = 1$) ในทอมที่ 2 และ ทอมที่ 3 ในปีกกาก็จะหมดไป ทำให้ได้ eigenvalue equation เป็น

$$[H\Phi_k]_m = \lambda_k \Phi_k(m) \quad \text{หรือ}$$

$$H\Phi_k = \lambda_k \Phi_k \quad (2.256)$$

เมื่อ λ_k เป็นค่า eigenvalue ของ H จะกำหนดได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้าม $\lambda_k = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{l=0}^{N-1} h(1) W_N^{kl}$, อย่างอื่นที่กล่าวไปใช้ (2.257) ารทุกครั้ง

นี้เป็นมองอย่างง่าย ๆ ใ้ด้ว่าเป็น DFT ของ first column ของ H

Circular convolution theorem. The DFT of the circular convolution of two sequences is equal to the product of their DFT's

$$x_2(n) = \sum_{k=0}^{N-1} h(n-k) x_1(k), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.2.58)$$

ดังนั้น

$$\text{DFT}\{x_2(n)\}_N = \text{DFT}\{h(n)\}_N \text{DFT}\{x_1(n)\}_N \quad (2.2.59)$$

เมื่อ $\text{DFT}\{x(n)\}_N$ เป็นการเขียนแทน DFT ของ sequence $x(n)$ ที่มีขนาด N ซึ่งหมายความว่าเราสามารถที่จะคำนวณค่า circular convolution โดยอันดับแรกคำนวณ DFT ของ $x_2(n)$ โดยใช้สมการที่ (2.2.59) และ ทำการหาค่า inverse DFT ของตัวมัน ต่อไปโดยการใช้ FFT ซึ่งจะใช้การคำนวณงาน $O(N \log_2 N)$ ครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับ การคำนวณงาน N^2 ครั้งในวิธีการโดยตรงที่ได้จากสมการที่ (2.2.58)

A linear convolution of two sequences can also be obtained via the FFT by imbedding it into a circular convolution. โดยทั่วไป linear convolution ของ two-sequence $\{h(n), n = 0, \dots, N-1\}$ และ $\{x_1(n), n = 0, \dots, N-1\}$ จะเป็น sequence $\{x_2(n), 0 \leq n \leq N' + N-2\}$ และสามารถที่จะหาค่าได้โดยใช้ algorithm ดังนี้

ขั้นที่ 1. ให้ $M \geq N' + N-1$ เป็นค่าจำนวนเต็มที่จะนำไปใช้ใน FFT algorithm

ขั้นที่ 2. กำหนดให้ $\tilde{h}(n)$ และ $\tilde{x}_1(n)$, $0 \leq n \leq M-1$ เป็นศูนย์ เติมขยาย sequence

ให้สอดคล้องกับ $h(n)$ และ $x_1(n)$ ตามลำดับ

ขั้นที่ 3. ให้ $y_1(k) = \text{DFT}\{\tilde{x}_1(n)\}_M$, $k = \text{DFT}\{\tilde{h}(n)\}_M$

กำหนด $\tilde{y}_2(k) = \lambda_k y_1(k)$, $k = 0, \dots, M-1$

ขั้นที่ 4. หาค่า inverse DFT ของ $\tilde{y}_2(k)$ เพื่อหาค่า $\tilde{x}_2(n)$ ดังนั้น $x_2(n) = \tilde{x}_2(n)$

เมื่อ $0 \leq n \leq N' + N-2$

Any circulant matrix can be diagonalized by the DFT/unitary DFT. นั่นคือ

$$FHF^* = \Lambda \quad (2.2.60)$$

เมื่อ $\Lambda = \text{Diag}\{ \lambda_k, k = 0, \dots, N-1 \}$ และ λ_k จะหาค่าได้โดยสมการที่ (2.2.57)

ซึ่งจะให้ผลเป็น C, C_1, C_2 เป็น circulant matrix

1. $C_1 C_2 = C_2 C_1$ นั่นคือ circulant matrices สลับตำแหน่งได้
2. C^{-1} เป็น circulant matrix และ สามารถที่จะคำนวณได้ในการคำนวณงาน $O(N \log N)$ ครั้ง
3. $C^T, C_1 + C_2$ และ $f(C)$ จะเป็น circulant matrices ทั้งหมด

เมื่อ $f(x)$ เป็น arbitrary function of x

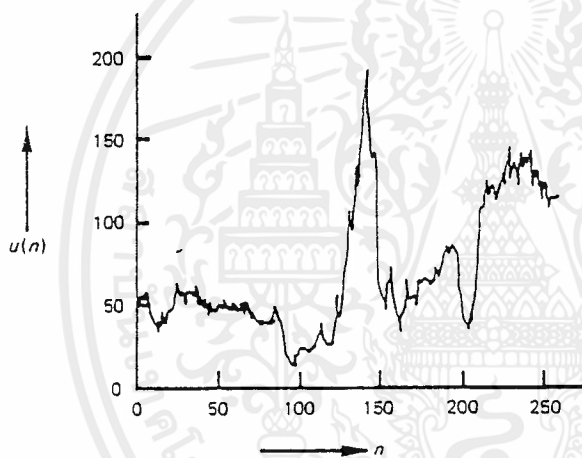


Figure 5.4 A 256-sample scan line of an image.

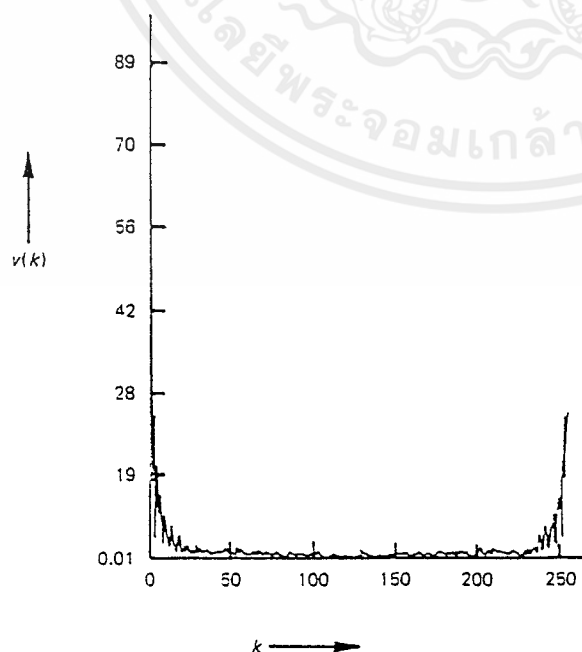


Figure 5.5 Unitary discrete Fourier transform of Fig. 5.4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE COSINE TRANSFORM

$N \times N$ cosine transform matrix $C = \{c(k,n)\}$ จะถูกเรียกว่า discrete transform (DFT) เป็นไปตามข้อกำหนด

$$c(k, n) = \begin{cases} 1/\sqrt{N} & , k=0, 0 \leq n \leq N-1 \\ \sqrt{\frac{2}{N}} \cos \frac{\pi(2n+1)k}{2N} & , 1 \leq k \leq N-1, 0 \leq n \leq N-1 \end{cases} \quad (2.2.86)$$

ส่วน one-dimensional DCT ของลำดับ sequence $\{u(n), 0 \leq n \leq N-1\}$ กำหนดได้เป็น

$$v(k) = \alpha(k) \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \cos \left(\frac{\pi(2n+1)k}{2N} \right), \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (2.2.87)$$

เมื่อ

$$\alpha(0) = \sqrt{\frac{1}{N}}, \quad \alpha(k) = \sqrt{\frac{2}{N}} \quad 1 \leq k \leq N-1 \quad (2.2.88)$$

ส่วน inverse transform จะหาได้จาก

$$u(n) = \sum_{k=0}^{N-1} \alpha(k)v(k) \cos \left(\frac{\pi(2n+1)k}{2N} \right), \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.2.89)$$

basis vector ของ 8×8 DCT จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.2.1 ส่วนในรูปที่ 2.2.10 แสดงถึง cosine transform ของ image scan line ที่แสดงไว้ในรูปที่ 5.4 หมายถึง สัมประสิทธิ์การแปลงรูป (transform coefficient) โดยมากจะมีค่าน้อย นั่นคือ energy of data จำนวนมากจะถูกเก็บไว้ใน transform coefficient จำนวนหนึ่ง

ส่วนคู่ two-dimensional cosine transform pair นั้นจะสามารถหาค่าได้โดยการแทนค่า $A = A^* = C$ ในสมการที่ (2.2.11) และ (2.2.12) ส่วน basis image ของ 8×8 two-dimensional cosine transform ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2.2 ในรูปที่ 2.2.11 แสดงถึงตัวอย่างของ cosine transform ของภาพ image ต่าง ๆ

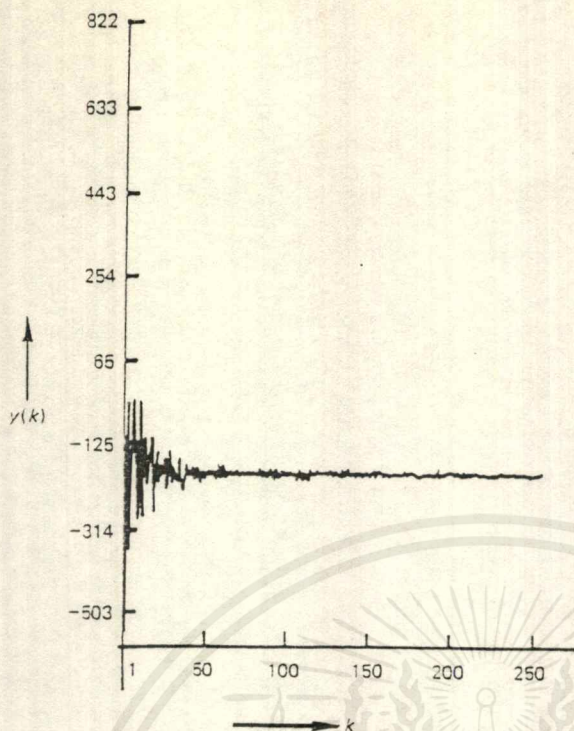


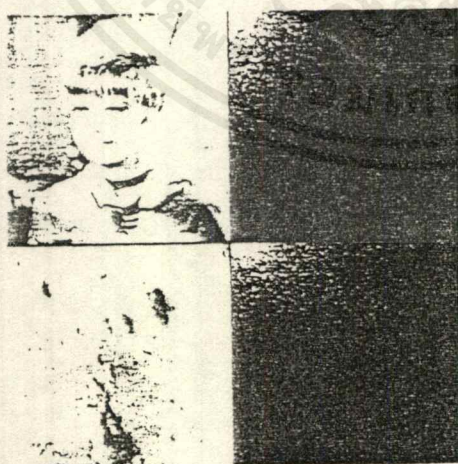
Figure Cosine transform of the image scan line shown in Fig. 5.4.

Properties of the Cosine Transform

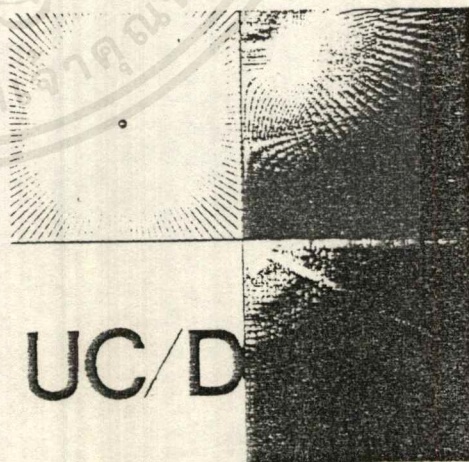
1. cosine transform เป็น real และ orthogonal นั่นคือ

$$C = C^* \Rightarrow C^{-1} = C^T \quad (2.2.90)$$

2. cosine transform ไม่ใช่ส่วนที่เป็น real part ของ unitary DFT ซึ่งสามารถที่จะตรวจได้โดยดูจาก matrix C และ DFT matrix F แต่อย่างไรก็ตาม cosine transform ของลำดับ sequence จะสัมพันธ์กับ DFT ของ symmetric extension ของมัน



(a) Cosine transform examples of monochrome images;



(b) Cosine transform examples of binary images.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. cosine transform เป็นการ transform ที่เร็ว การหา cosine transform ของ vector ที่มีขนาด N element จะสามารถหาได้โดยการคำนวณเพียง $O(N \log_2 N)$ ครั้งโดยผ่านทาง N -point FFT ในการแสดงถึงความสามารถนี้ เราจะกำหนดลำดับ new sequence ใหม่โดย reordering even และ odd element ของ $u(n)$ เป็น

$$\left. \begin{aligned} u(n) &= u(2n) \\ u(N - n - 1) &= u(2n + 1) \end{aligned} \right\}, \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.291)$$

เราจะแบ่งทอมผลบวกในสมการที่ (5.87) ออกเป็น even terms และ odd terms และจะใช้สมการที่ (2.291) ในการหาค่า

$$\begin{aligned} v(k) &= \alpha(k) \sum_{n=0}^{(N/2)-1} u(2n) \cos\left(\frac{\pi(4n+1)k}{2N}\right) \\ &\quad + \sum_{n=0}^{(N/2)-1} u(2n+1) \cos\left(\frac{\pi(4n+3)k}{2N}\right) \\ &= \alpha(k) \sum_{n=0}^{(N/2)-1} u(n) \cos\left(\frac{\pi(4n+1)k}{2N}\right) \\ &\quad + \sum_{n=0}^{(N/2)-1} u(N-n-1) \cos\left(\frac{\pi(4n+3)k}{2N}\right) \end{aligned}$$

และทำการเปลี่ยน index ของ summation ใน ทอมที่สองเป็น $n' = N - n - 1$ และทำการรวมทอมกัน ก็จะได้

$$\begin{aligned} v(k) &= \alpha(k) \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \cos\left(\frac{\pi(4n+1)k}{2N}\right) \\ &= \operatorname{Re} \left[\alpha(k) e^{-j\pi k/2N} \sum_{n=0}^{N-1} u(n) e^{-j2\pi kn/N} \right] = \operatorname{Re} \left[\alpha(k) W_{2N}^{k/2} \text{DFT} \{ \tilde{u}(n) \}_N \right] \quad (2.292) \end{aligned}$$

โดยการพิสูจน์ผลลัพธ์ที่ได้มานี้ได้โดยใช้ inverse cosine transform เราจะเขียนสมการที่ (2.2.89) สำหรับ even data point ได้เป็น

$$u(2n) = u(2n) = \operatorname{Re} \sum_{k=0}^{N-1} [\alpha(k) v(k) e^{j\pi k/2N}] e^{j\pi nk/2N}, \quad 0 \leq n \leq N-1 \quad (2.293)$$

สำหรับ odd data point สามารถหาค่าได้โดยไม่ต้องทำอะไร โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$u(2n + 1) = \hat{u}[2(N-1 - n)] , \quad 0 \leq n \leq N-1 \tag{2.294}$$

เพราะฉะนั้นหากเราคำนวณ N -point inverse FFT ของลำดับ sequence $(k) v(k) \exp(jk/2N)$ เราก็จะหาค่า inverse DCT ในการคำนวณเพียง $O(N \log_2 N)$ ครั้ง ใน direct algorithm นั้นไม่มี ต้องการ FFT ด้วยกันใน intermediate step ดังนั้นจึงหลบเลี่ยง complex arithmetic ไปได้ การ การคำนวณในรูปแบบ complexity ของ direct จะมีความคล้ายคลึงกับ FFT base methods

4. cosine transform มีคุณสมบัติที่เชื่อมโยงในเรื่อง energy compaction สำหรับข้อมูล highly correlated data ซึ่งจะมีการใช้ร่วมกับคุณสมบัติข้อต่อไป

5. basis vector ของ cosine transform (ซึ่งก็คือ แถวของ C) จะเป็น eigenvector ของ symmetric tridiagonal matrix Q_c ซึ่งกำหนดได้เป็น

$$Q_c = \begin{bmatrix} 1 - \alpha & -\alpha & & 0 \\ & -\alpha & 1 & \\ & & 0 & 1 & -\alpha \\ & & & -\alpha & 1 - \alpha \end{bmatrix} \tag{2.295}$$

6. $N \times N$ cosine transform มีความใกล้เคียงกับ KL transform ของลำดับ first order stationary Markov sequence ที่มีขนาดความยาว N โดย covariance matrix จะหาได้จากสมการที่ (2.1.68) เมื่อ correlation parameter มีค่าเข้าใกล้ 1 เหตุผลเนื่องจาก R^{-1} เป็น symmetric tridiagonal matrix ที่ถูกคูณด้วย $\beta^2 = (1 - \rho)^2 / (1 + \rho^2)$ และ $\beta = \rho / (1 + \rho^2)$

$$\beta^2 R^{-1} = \begin{bmatrix} 1 - \rho\alpha & -\alpha & & 0 \\ & -\alpha & 1 & \\ & & 0 & 1 & -\alpha \\ & & & -\alpha & 1 - \rho\alpha \end{bmatrix} \tag{2.296}$$

ซึ่งจะหาค่าโดยประมาณได้เป็น

$$\beta^2 R^{-1} = Q_c \quad \text{เมื่อ} \quad \rho \cong 1 \tag{2.297}$$

เหตุนี้ eigenvector ของ R และ eigenvector ของ Q_c ซึ่งก็คือ cosine transform จะมีค่าใกล้เคียงกันมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE SINE TRANSFORM

$N \times N$ sine transform matrix $= \{ \Psi(k, n) \}$ จะเรียกว่า discrete sine transform หากอยู่ในรูป

$$\Psi(k, n) = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sin \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1}, \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (2.298)$$

คู่ค่าคี่ sine transform pair ของ one-dimensional sequence จะกำหนดได้เป็น

$$v(k) = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{n=0}^{N-1} u(n) \sin \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1}, \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (2.299)$$

$$u(n) = \sqrt{\frac{2}{N+1}} \sum_{k=0}^{N-1} v(k) \sin \frac{\pi(k+1)(n+1)}{N+1}, \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (2.2100)$$

ส่วนคู่ two-dimensional sine transform pair ที่มีขนาดภาพ image $N \times N$ จะหาค่าได้โดยการแทนค่า $A = A^* = A^T = \Psi$ ในสมการที่ (2.2.11) และ (2.2.12) basis vector และ basis image ของ sine transform แสดงอยู่ในรูปที่ 2.2.1 และ รูปที่ 2.2.2 ส่วนในรูปที่ 2.2.12 แสดงถึง sine transform ของภาพ image ขนาด 256×256 ซึ่งเป็นการ transform อีกแบบหนึ่งที่เศษส่วนที่มีขนาดใหญ่ (large fraction of total energy) จะถูกนำมา รวมไว้ใน transform coefficient จำนวนหนึ่ง

Properties of the Sine Transform

1. sine transform จะเป็น real, symmetric, และเป็น orthogonal นั่นคือ

$$\Psi^* = \Psi = \Psi^T = \Psi^{-1} \quad (2.2.101)$$

ดังนั้นทั้ง forward และ inverse sine transform จะเป็นเอกภาคย์กัน

2. sine transform ไม่ใช่ส่วนที่เป็น imaginary part ของ antisymmetric extension ของตัวเอง
3. sine transform เป็นการ transform ที่เร็ว sine transform ของ vector ที่มี N element สามารถคำนวณหาได้ใน $O(N \log_2 N)$ ครั้ง โดยผ่าน $2(n+1)$ -point FFT

โดยทั่ว ๆ ไป sine transform ต้องการค่า $N+1 = 2^p$ นั่นคือ fast sine transform มักใช้กับค่าที่กำหนดให้ $N = 3, 7, 15, 31, 63, 255, \dots$ fast sine transform algorithm นั้นไม่ต้องการ complex arithmetic (หรือ FFT) ด้วยหากเป็นไปได้ ในความเป็นจริงแล้ว algorithm นี้บางครั้งก็มีความเร็วกว่า FFT และ fast cosine transform algorithm ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. basis vector ของ sine transform จะเป็น eigenvector ของ symmetric tridiagonal Toeplitz matrix

$$Q = \begin{bmatrix} 1 & -\alpha & 0 \\ -\alpha & & -\alpha \\ 0 & -\alpha & 1 \end{bmatrix} \quad (2.2.102)$$

5. sine transform มีความใกล้เคียงกับ KL transform ของลำดับ first order stationary Markov sequence ซึ่งมี covariance matrix ที่หาได้จากสมการที่ (1.1.68) เมื่อ correlation parameter มีค่าในระหว่างช่วง $(-0.5, 0.5)$ โดยทั่วไป sine transform มีคุณสมบัติในระดับคี่ถึงคี่อื่นในเรื่อง energy compaction property ของภาพ image

6. sine transform จะมีความเร็วมากกว่า fast KL transform algorithm เมื่อนำไปใช้กับลำดับ Markov sequence ซึ่งให้ค่า boundary value มา sine transform มีการนำไปใช้งานกันมากในการแก้ไขปัญหาใน image processing



Figure . Sine transform of a 255×255 portion of the 256×256 image shown in Fig. 5.6a.

THE HADAMARD TRANSFORM

transform นี้ไม่เหมือนกับ transform ที่ผ่าน ๆ มา ส่วนประกอบที่เป็น element ของ basis vector โดยวิธีการ Hadamard transform จะให้ค่าที่เป็นค่า binary values +1 ทำให้มีความสะดวกมากกับงานทางด้าน digital image processing Hadamard transform matrix H_n เป็น matrix ที่มีขนาด $N \times N$ เมื่อ $N = 2^n, n = 1, 2, 3$ ซึ่งสามารถสร้าง matrix ขึ้นมาได้โดยง่าย โดยการใช้ core matrix

$$H_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} \tag{2.2.103}$$

และผลคูณของ Kronecker product recursion

$$H_n = H_{n-1} \otimes H_1 = H_1 \otimes H_{n-1} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} H_{n-1} & H_{n-1} \\ H_{n-1} & -H_{n-1} \end{pmatrix} \tag{2.2.104}$$

ตัวอย่างเช่น เมื่อ $n = 3$ Hadamard transform ก็จะเป็น

$$H_3 = H_1 \otimes H_2 \tag{2.2.105}$$

$$H_2 = H_1 \otimes H_1 \tag{2.2.106}$$

		Sequency	
$H_3 = 1$	1 1 1 1	1 1 1 1	0
	1 -1 1 -1	1 -1 1 -1	7
	1 1 -1 -1	1 1 -1 -1	3
	1 -1 -1 1	1 -1 -1 1	4
	1 1 1 1	-1 -1 -1 -1	1
	1 -1 1 -1	-1 1 -1 1	6
	1 1 -1 -1	-1 -1 1 1	2
	1 -1 -1 1	-1 1 1 -1	5

(2.2.107)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

basis vector ของ Hadamard transform สามารถที่จะทำการสร้างได้โดยการใช้การ sampling a class of function ที่เรียกว่า Walsh function ซึ่ง function นี้จะให้ค่าออกมาเป็นค่า binary value +1 และอยู่ในรูปแบบ complete orthonormal basis สำหรับ square integrable functions เนื่องจากเหตุผลนี้เอง Hadamard transform จึงมีการชื่อเรียกว่า Walsh-Hadamard transform ด้วย

จำนวนของ zero crossing ของ Walsh function หรือจำนวนของการกระตุ้ม (transitions) ใน basis vector ของ Hadamard transform จะถูกเรียกว่าเป็น sequency ของมัน ที่ควรจำไว้สำหรับสัญญาณ sinusoidal signal นั้น ความถี่ frequency จะถูกกำหนดไว้ในเทอมของ zero crossing ใน Hadamard matrix ที่ถูกสร้างโดยสมการที่ (2.2.104) นั้น row vector จะไม่ใช่ลำดับ sequency ordered sequency order ที่มีอยู่จริงของ vector จะถูกเรียกว่า Hadamard order

ในการเขียน Hadamard transform ของ vector u ที่มีขนาด $N \times 1$ จะเขียนได้เป็น

$$v = Hu \quad (2.2.108)$$

และ inverse transform ก็สามารถหาค่าได้จาก

$$u = Hv \quad (2.2.109)$$

เมื่อ $H = H_n$, $n = \log_2 N$ ในอนุกรมที่ได้จากคู่ transform pair จะเป็น

$$v(k) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{m=0}^{N-1} u(m)(-1)^{b(k,m)} \quad , \quad 0 \leq k \leq N-1 \quad (2.2.110)$$

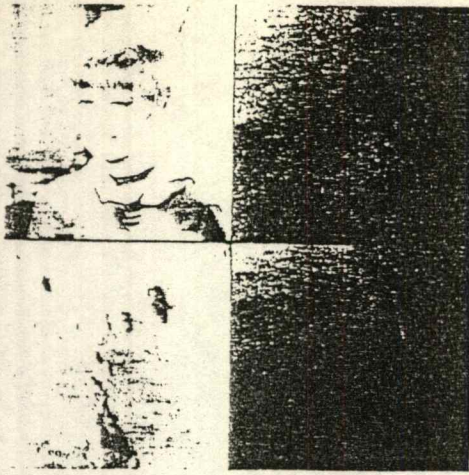
$$u(m) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=0}^{N-1} v(k)(-1)^{b(k,m)} \quad , \quad 0 \leq m \leq N-1 \quad (2.2.111)$$

เมื่อ
$$b(k, m) = \sum_{i=0}^{n-1} k_i m_i ; \quad k_i, m_i = 0, 1 \quad (2.2.112)$$

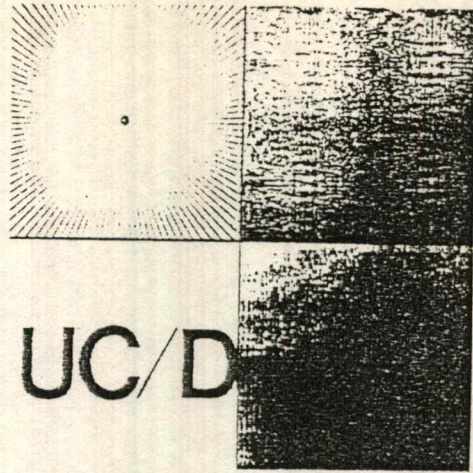
และ $\{k_i\}$, $\{m_i\}$ เป็นตัวเลข binary ที่ใช้แทน k และ m ตามลำดับ นั่นคือ

$$\left. \begin{aligned} k &= k_0 + 2k_1 + \dots + 2^{n-1}k_{n-1} \\ m &= m_0 + 2m_1 + \dots + 2^{n-1}m_{n-1} \end{aligned} \right\} \quad (2.2.113)$$

two-dimensional Hadamard transform pair ของภาพขนาด $N \times N$ จะหาค่าได้โดยการใช้สมการแทนค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับว่าเข้าเป็นประโยชน์ในการค้า $A = A^* = A^T = H$ ในสมการที่ (2.2.11) และ (2.2.12) ส่วน basis vector และ basis image ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งถ้าไม่มีเห็นที่แปลสิ่งเหล่านี้และตั้งชื่อของเอกสารที่สงวนไว้ทั้งหมดนี้ไว้โดยของ Hadamard transform ของภาพ image จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.2.13



(a) Hadamard transforms of monochrome images.



UC/D

(b) Hadamard transforms of binary images.

Properties of the Hadamard Transform

1. Hadamard transform H เป็น real , symmetric และ orthogonal นั่นคือ

$$H = H^* = H^T = H^{-1} \tag{2.2.114}$$

2. Hadamard transform เป็น fast transform การแปลง one-dimensional transformation สมการที่ (2.2.108) จะคำนวณได้ใน $O(N \log_2 N)$ ครั้งของการบวกและการลบ

โดยเหตุที่ Hadamard transform ประกอบด้วยค่า +1 เท่านั้น ทำให้ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องการคูณในการคำนวณหา transform ยิ่งกว่านั้นจำนวนของการบวกและการลบที่ต้องการสามารถที่จะลดทอนลงจาก N^2 เหลือเพียง $N \log_2 N$ ซึ่งเกิดจากความจริงที่ว่า H_n สามารถที่จะเขียนอยู่ในรูปผลคูณของ n sparse matrices นั่นคือ

$$H = H_n = H^{n^2}, \quad n = \log_2 N \tag{2.2.115}$$

เมื่อ

$$H = \begin{matrix} \begin{matrix} 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & & & & \\ 0 & 0 & & \dots & 1 & 1 \end{matrix} \\ \hline \begin{matrix} 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & & \dots & 1 & -1 \end{matrix} \end{matrix} \tag{2.2.116}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น H ก็จะเป็นค่าที่เป็น two nonzero terms per row เท่านั้น ซึ่งการ transform

$$v = H^n u = \underbrace{H H \dots H}_n u, \quad n = \log_2 N \quad (2.2.117)$$

ก็จะทำให้สำเร็จได้โดยการดำเนินการ H เป็นจำนวน n ครั้งบน u ในการกำหนดโครงสร้างของ H จำนวน N ครั้งของการบวกหรือการลบที่คิดการในแต่ละครั้งของการดำเนินการ H ที่ vector จะให้ค่าผลลัพธ์รวมของ $Nn = N \log_2 N$ ของการบวกหรือการลบ

3. ถ้าลำดับ natural order ของ Hadamard transform coefficient ที่ได้จะเท่ากับ bit reversed gray code ที่จะแสดงแทน sequency s ของตัวเอง หาก sequency s เป็นการแสดงโดยเป็น binary representation $b_n b_{n-1} \dots b_1$ และหากมี gray code ที่สอดคล้องกันเป็น $g_n g_{n-1} \dots g_1$ ดังนั้น bit reversed representation $g_1 g_2 \dots g_n$ ก็จะเป็นลำดับ natural order

TABLE Natural Ordering versus Sequency Ordering of Hadamard Transform Coefficients for $N = 8$

Natural order h	Binary representation $h_3 h_2 h_1$	Gray code of s or reverse binary representation $g_3 g_2 g_1 = h_1 h_2 h_3$	Sequency binary representation $b_3 b_2 b_1$	Sequency s
0	000	000	000	0
1	001	100	111	7
2	010	010	011	3
3	011	110	100	4
4	100	001	001	1
5	101	101	110	6
6	110	011	010	2
7	111	111	101	5

ในตารางที่ 2.2.1 แสดงถึงการเปลี่ยน (conversion) sequency s ไปเป็น natural order h หรือในทางกลับกันเมื่อ $n = 8$ โดยทั่ว ๆ ไป

$$g_k = b_k \oplus b_{k+1}, \quad k = 1, \dots, n-1$$

$$g_n = b_n \quad (2.2.118)$$

$$h_k = g_{n-k+1}$$

และ

$$g_k = h_{n-k+1}$$

$$b_k = g_k \oplus g_{k+1}, \quad k = n-1, \dots, 1 \quad (2.2.119)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องสมุดของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้าหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นสูตรการเปลี่ยนของ forward conversion formula และ reverse conversion formula สำหรับ sequency และ natural ordering

4. Hadamard transform มีคุณสมบัติที่คลึงคลึงมากในเรื่อง energy compaction สำหรับภาพ highly correlated image ให้ $\{ u(n), 0 \leq n \leq N-1 \}$ เป็น stationary random sequence ที่มี autocorrelation $r(n), 0 \leq n \leq N-1$ จะได้ส่วนแรกของ expected energy เก็บบรรจุไว้ในส่วนแรกของ $N/2^j$ sequency ordered ของ Hadamard transform coefficient ที่ได้โดย

$$\epsilon\left(\frac{N}{2}\right) \triangleq \frac{\sum_{k=0}^{(N/2^j)-1} D'_k}{\sum_{k=0}^{N-1} D_k} = \frac{1 + 2 \sum_{k=1}^{2^j-1} \left(\frac{1-k}{2^j}\right) \frac{r(k)}{r(0)}}{2^j} \quad (2.2.120)$$

$$D'_k = [HRH]_{k,k}, \quad R = \{ r(m-n) \} \quad (2.2.121)$$

เมื่อ D'_k เป็นส่วนแรกของ $N/2^j$ sequency ordered element ของ D_k หมายถึง D_k เป็นรูปแบบอย่างง่าย ๆ ที่ให้แทนค่า mean square value ของ transform coefficient $[Hu]_k$

ความสำคัญของผลลัพธ์ก็คือ $(N/2^j)$ จะขึ้นอยู่กับส่วนแรกของ 2^j correlations เท่านั้น เช่น เมื่อ $j=1$ นั้น fractional energy จะถูกเก็บไว้ในส่วนแรกของ $N/2$ sequency ordered coefficient โดยจะเป็น $(1+r(1)/r(0))/2$ และจะขึ้นอยู่กับ one-step correlation $= r(1)/r(0)$ เท่านั้น ดังนั้นเมื่อ $= 0.95, 97.5\%$ ของ total energy ก็จะถูกนำไปเก็บไว้ในครึ่งหนึ่งของ transform coefficient ผลลัพธ์ของสมการที่ (5.120) จะมีการนำไปใช้กันมากในการคำนวณประสิทธิภาพของ energy compaction efficiency ของ Hadamard transform

HAAR TRANSFORM

Haar transform ซึ่งเขียนแทนด้วย $h_k(x)$ สามารถกำหนดได้ว่าอยู่ระหว่าง continuous interval $x \in [0,1]$ และเมื่อ $k = 0, \dots, N-1$ ที่ $N = 2^p$ ซึ่งตัวเลขจำนวนเต็ม k นำมาแยกได้เป็น

$$k = 2^p + q - 1 \quad (2.2.122)$$

เมื่อ $0 \leq p \leq n-1$; $q = 0, 1$ เมื่อ $p = 0$ และ $1 \leq q \leq 2^p$ เมื่อ $p = 0$.

ตัวอย่าง เมื่อ $N = 4$ เราจะได้

k	0	1	2	3
p	0	0	1	1
q	0	1	1	2

เมื่อนำเสนอ k ใหม่ เป็น (p, q) ก็จะกำหนดค่า Haar function ได้เป็น

$$h_0(x) = h_{0,0}(x) = \frac{1}{\sqrt{N}}, \quad x \in [0,1] \quad (2.2.123a)$$

$$h_k(x) = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{cases} 2^{p/2}, & \frac{q-1}{2^p} \leq x < \frac{q-\frac{1}{2}}{2^p} \\ -2^{p/2}, & \frac{q-\frac{1}{2}}{2^p} \leq x < \frac{q}{2^p} \\ 0, & \text{otherwise for } x \in [0,1] \end{cases} \quad (2.2.123b)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหา Haar transform จะหาได้โดยการให้ x แทนค่า discrete value ที่

$$m/N, m = 0, 1, \dots, N-1$$

เช่นเมื่อ $N = 8$ จะหาค่า Haar transform ได้โดย

$$H_8 = \frac{1}{\sqrt{8}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & -1 & -1 & -1 & -1 & 1 \\ \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sqrt{2} & \sqrt{2} & -\sqrt{2} & -\sqrt{2} & 2 \\ 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 0 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & -2 & 2 \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{Sequency} \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \\ \end{matrix} \quad (2.2.124)$$

ส่วนที่เป็น basis vector และ basis image ของ Haar transform ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2.1 และ รูปที่ 2.2.2 ส่วนตัวอย่างของ Haar transform ของภาพ image ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2.14

จากโครงสร้างของ H_8 [ดูได้จากสมการที่ (2.2.124)] เราจะเห็นได้ว่า Haar transform จะให้ความแตกต่างของ samples หรือ ความแตกต่างของ local average of the samples ของ input vector ด้วยเหตุนี้ two-dimensional Haar transform coefficient $y(k, l)$ นอกจาก เมื่อ $k = l = 0$ จะจะเป็นความแตกต่างตลอด rows และ column ของ local averages of pixel ในภาพ image นี้เป็นการแสดงให้เห็นว่า " edge extractions " ต่าง ๆ ของภาพ original image จะเป็นดังที่เห็นชัดเจนจากรูปที่ 2.2.14

ถึงแม้ว่างานบางอย่างที่กระทำไปเมื่อใช้ Haar transform ในปัญหาเรื่อง image data compression problem ปัญหาที่แฝงอยู่ภายในของมันในเรื่อง feature extraction และปัญหา image analysis problem จะไม่ได้นำมาเอาไปใช้พิจารณาด้วย

Properties of the Haar transform

1. Haar transform เป็นค่า real และ orthogonal เพราะฉะนั้น

$$Hr = Hr^*$$

$$Hr^{-1} = Hr^T \quad (2.2.125)$$

2. Haar transform เป็นการ transform ที่รวดเร็วมก vector ที่มีขนาด $N \times 1$ จะสามารถคำนวณได้ใน $O(N)$ ครั้ง

3. basis vector ของ Haar transform เป็น sequency ordered

4. Haar transform มีคุณสมบัติที่เยี่ยมมากในเรื่อง energy compaction สำหรับ image

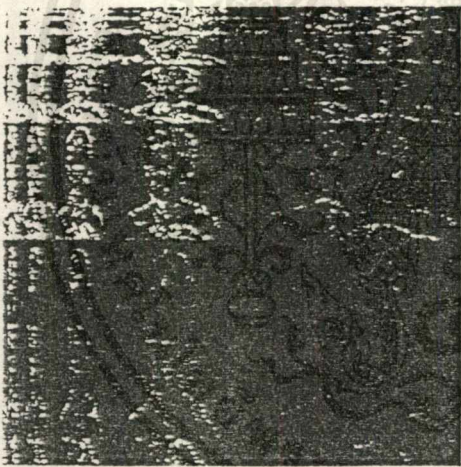


Figure 5.6a Haar transform of the 256×256 image shown in Fig. 5.6a.

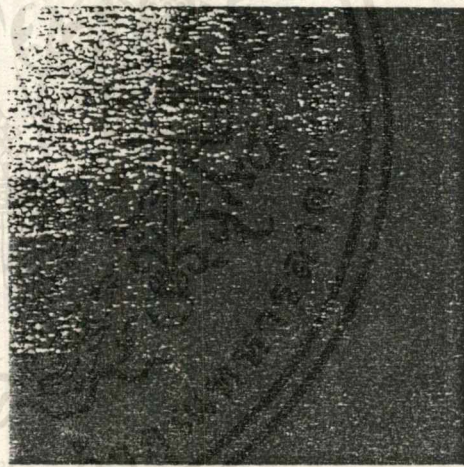


Figure 5.6b Slant transform of the 256×256 image shown in Fig. 5.6a.

5.10 THE SLANT TRANSFORM

slant transform matrix ที่มีขนาดเป็น $N \times N$ จะหาค่าได้โดยการเวียนกลับ (recursion)

$$S_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ a_n & b_n & -a_n & b_n \\ 0 & I_{(N/2)-2} & 0 & I_{(N/2)-2} \\ 0 & 1 & 0 & -1 \\ -b_n & a_n & b_n & a_n \\ 0 & I_{(N/2)-2} & 0 & -I_{(N/2)-2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} S_{n-1} & 0 \\ 0 & S_{n-1} \end{bmatrix}$$

เมื่อ $N = 2^m$, I_M จะใช้เขียนแทน $M \times M$ identity matrix และ

$$S_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \quad (2.2.127)$$

ส่วนค่า parameter a_n และ b_n จะหาค่าได้โดยการเวียนกลับ (recursion)

$$\begin{aligned} b_n &= (1 + 4a_{n-1}^2)^{-1/2}, & a_1 &= 1 \\ a_n &= 2b_n a_{n-1} \end{aligned} \quad (2.2.128)$$

จะแก้ปัญหาก็โดยให้

$$a_{n+1} = \left(\frac{3N^2}{4N^2-1} \right)^{1/2}, \quad b_{n+1} = \left(\frac{N-1}{4N^2-1} \right)^{1/2}, \quad N = 2^n$$

โดยการใส่สูตรเหล่านี้ Slant transform matrix ขนาด 4×4 จะหาค่าออกมาได้เป็น

$$S_2 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ \frac{3}{\sqrt{5}} & \frac{1}{\sqrt{5}} & -\frac{1}{\sqrt{5}} & \frac{3}{\sqrt{5}} \\ 1 & -1 & -1 & 1 \\ \frac{1}{\sqrt{5}} & \frac{3}{\sqrt{5}} & \frac{3}{\sqrt{5}} & \frac{1}{\sqrt{5}} \end{bmatrix} \begin{matrix} \text{Sequency} \\ 0 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \end{matrix}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.2.1 แสดงถึง basis vector ขนาด 8×8 ของ Slant transform

ในรูปที่ 2.2.2 แสดงถึง basis image ขนาด 8×8 ของ two-dimensional Slant transform

ในรูปที่ 2.2.15 แสดงถึง Slant transform ของภาพ image ขนาด 256×256

Properties of the Slant Transform

1. Slant transform เป็นค่า real และ orthogonal เพราะฉะนั้น

$$S = S^* , \quad S^{-1} = S^T \quad (2.2.131)$$

2. Slant transform จะเป็นการ transform ที่เร็ว โดยที่สามารถหาค่าได้ในการคำนวณเพียง $O(N \log_2 N)$ ครั้งในการคำนวณงานบน vector ขนาด $N \times 1$

3. Slant transform จะมีคุณสมบัติในเรื่อง energy compaction ของภาพ image ในขั้นต้นมากถึงสองชั้น

4. basis vector ของ Slant transform matrix S จะไม่เป็น sequency ordered เมื่อ $n > 3$ ถ้าหาก S_{n-1} เป็น sequency ordered ในแถวที่ i^{th} ของ row sequency ของ S_n จะหาค่าได้ตามนี้

$$i = 0 , \quad \text{sequency} = 0$$

$$i = 1 , \quad \text{sequency} = 1$$

$$2 \leq i \leq N-1 , \quad \text{sequency} = \begin{cases} 2i , & i = \text{even} \\ 2i + 1 , & i = \text{odd} \end{cases}$$

$$i = N , \quad \text{sequency} = 2$$

$$i = N + 1 , \quad \text{sequency} = 3$$

$$N + 2 \leq N-1 , \quad \text{sequency} = \begin{cases} 2(i - N) + 1 , & i = \text{even} \\ 2(i - N) , & i = \text{odd} \end{cases}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

หลักการแยกสัญญาณโครมิแนนซ์

แทบจะเรียกได้ว่าความแตกต่างระหว่างโทรทัศน์สี และ โทรทัศน์ขาวดำนั้นอยู่ที่ตรงภาคโครมิแนนซ์เป็นสำคัญ ภาคโครมิแนนซ์ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณโครมิแนนซ์ซึ่งมอดูเลตสัญญาณ (R - Y) กับ (B - Y) มาบนพาหะรอง 4.43 เมกะเฮิรตซ์ (แต่พาหะรองนี้ได้ส่งมาลงมีเดไลซ์แบนด์) ให้อยู่ในรูปของสัญญาณสี R, G และ B แแต่ก่อนที่จะทำการคั้งกตัววราค้องหาวิธีแยกสัญญาณโครมิแนนซ์ออกมาจากสัญญาณคอมโพสิทส์ีก่อน

วิธีการคึงทกสัญญาณคอมโพสิท ให้ได้สัญญาณภูมิแนนซ์ โครมิแนนซ์ และเสียงนั้น เรานิยมใช้โคโอด หลักการคึงทกก็คือ อาทักคุณสมบัตินอนลิเนียร์ (nonlinear) ของโคโอดทำหน้าที่มิกเซอร์ (mixer) เอาค้ทุกค้ที่ได้จากโคโอดจึงกลายเป็นผลค่าง (และผลรวม) ของความถี่ของสัญญาณที่บีดกันจุดที่สัญญาณโครมิแนนซ์แยกออกเข้าสู่ภาคโครมิแนนซ์ (chrominance takeoff) อาจจะอยู่ก่อนหน้าหรือหลังการคึงทกภูมิแนนซ์ก็ได้

การแยกสัญญาณโครมิแนนซ์ออกจากสัญญาณรวม (color composite signal) นิยมกระทำกัน 2 วิธีคือ (รูปที่ 3.1)

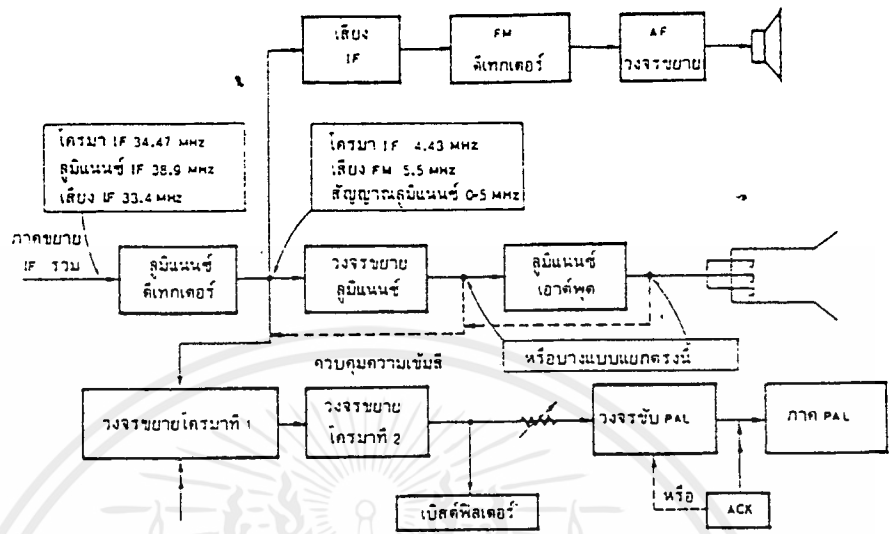
- ก. แยกหลังวงจรภูมิแนนซ์คึงทกเคอร์ หรือ วงจรชชชภูมิแนนซ์
- ข. แยกก่อนวงจรภูมิแนนซ์คึงทกเคอร์ (split carrier)

3.1 การแยกสัญญาณโครมิแนนซ์หลังวงจรภูมิแนนซ์คึงทกเคอร์

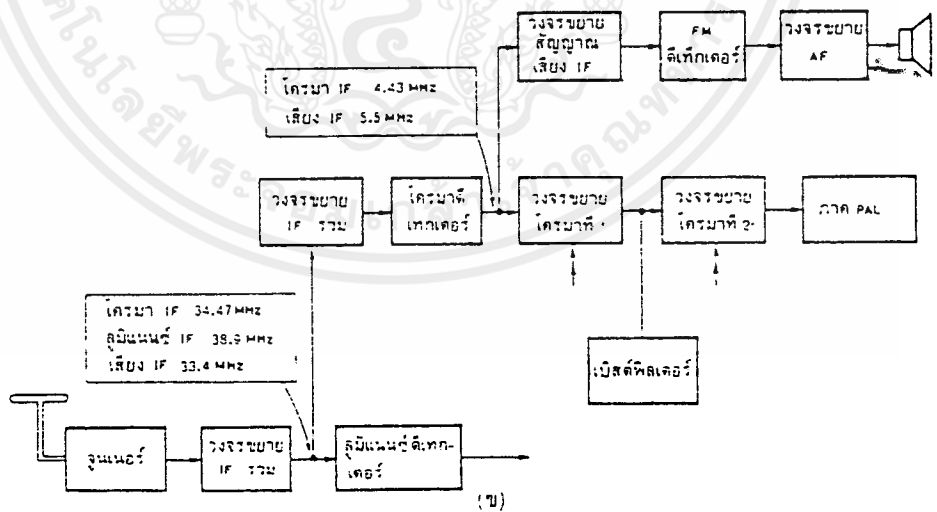
สัญญาณ IF รวมจะถูกป้อนเข้าสู่ตัววงจรภูมิแนนซ์คึงทกเคอร์ ซึ่งจะทำการบีดให้สัญญาณค่างๆ ออกมาคั้งนี้

- สัญญาณโครมิแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งได้จากสัญญาณภูมิแนนซ์ IF 38.9 เมกะเฮิรตซ์ บีดกับสัญญาณโครมิแนนซ์ IF 34.47 เมกะเฮิรตซ์ ($38.9 - 34.47 = 4.43$)
- สัญญาณ FM 5.5 เมกะเฮิรตซ์ซึ่งได้จากสัญญาณภูมิแนนซ์ IF 38.9 เมกะเฮิรตซ์ บีดกับสัญญาณเสียง IF 33.4 เมกะเฮิรตซ์ ($38.9 - 33.4 = 5.5$)
- ส่วนสัญญาณภูมิแนนซ์ IF 38.9 เมกะเฮิรตซ์ จะถูกคึงทกให้เป็นสัญญาณภูมิแนนซ์ที่มีความถี่คั้งแค่ 0 - 5 เมกะเฮิรตซ์ ผ่านวงจรชชชภูมิแนนซ์แล้วป้อนเข้าสู่หอดคจจ
- สัญญาณโครมิแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นไซค์แบนด์มีขนาดค็กมาก จันป็นค้องทำการชชชคึงทกก่อนเหมือนกับสัญญาณเสียง FM และก่อนที่จะส่งเข้าสู่ตัววงจรคึงทกเคอร์ สัญญาณโครมิแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิรตซ์ จะค้องผ่านวงจรภาค PAL คึงทกก่อน เพื่อจะแก้ไขความคึงทกคคคของสีให้เร็วบร้อช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) แยกออกถึงวงจรลูมิแนนซ์คีเทกเตอร์



(ข) แยกออกก่อนวงจรลูมิแนนซ์คีเทกเตอร์

รูปที่ 3.1 การแยกสัญญาณโครมิแนนซ์ออกจากสัญญาณ IF รวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเครื่องรับบางแบบสัญญาณโครมิแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิร์ตซ์และสัญญาณเสียง FM 5.5 เมกะเฮิร์ตซ์ ถูกป้อนเข้าสู่วงจรขยายสัญญาณโครมิแนนซ์ เพื่อขยายให้มีขนาดใหญ่อขึ้น แล้วจึงทำการแยก (take off) แอนดเฉพาะสัญญาณโครมิแนนซ์ และสัญญาณเสียงออกไปสู่วงจรขยายโครมิแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิร์ตซ์ และสัญญาณเสียง 5.5 เมกะเฮิร์ตซ์ ตามลำดับ

ดูบล็อกโคอะแกรมรูปที่ 3.1(ก)

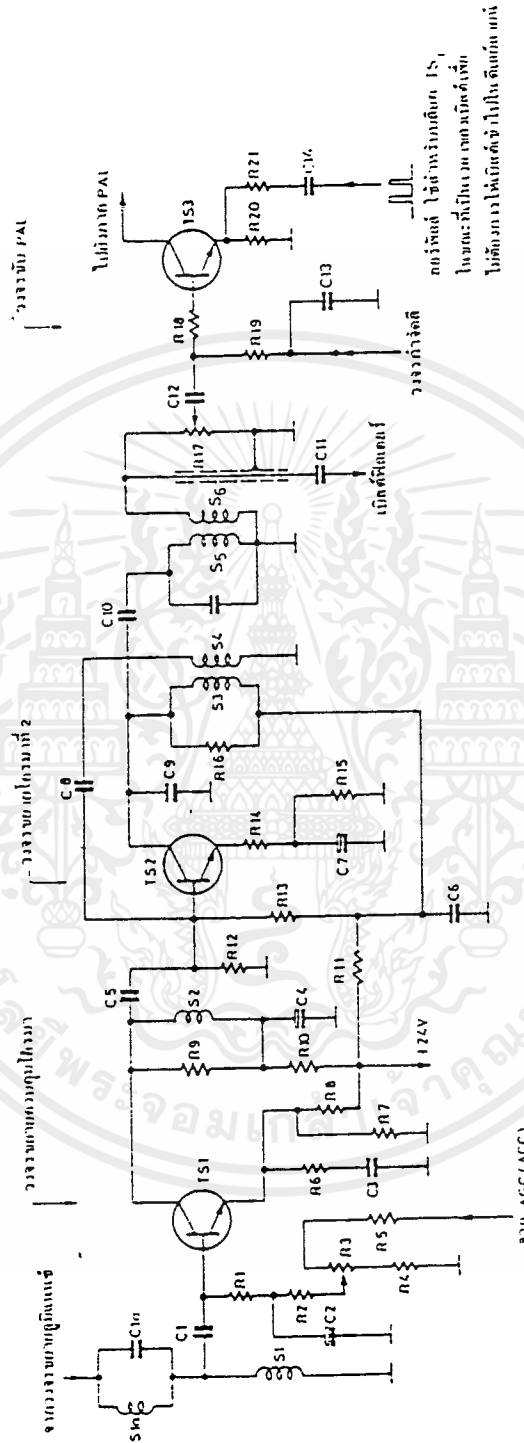
3.2 ตัวอย่างวงจรที่แยกออกถึงสัญญาณโครมิแนนซ์คิทมเคอร์

วงจรรูปที่ 3.2 เป็นตัวอย่างตามบล็อกโคอะแกรมรูปที่ 3.1(ก) สัญญาณโครมิแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิร์ตซ์ ถูกแยกออกถึงวงจรขยายสัญญาณโครมิแนนซ์โคแอสเทอโรด S1a และ C1a S1 เป็นตัวสำคัญ และป้อนผ่าน C1 เข้าสู่เบสของวงจรขยายส่วนควบคุมโครมิแนนซ์ TS1 (เพราะ TS1 ถูกควบคุมการขยาย ด้วยแรงไฟ AGC จึงเรียกภาคขยาย TS1 นี้ว่าวงจรขยายส่วนควบคุมโครมิแนนซ์) วงจร TS1 นี้จะต้องรักษ้อคราขยายให้สม่ำเสมอตลอดเวลา ไม่ว่าจะรับสัญญาณอินพุตที่ปรากฏที่เบสของ TS1 จะมีกำลังอ่อน หรือแรงก็ตาม ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแรงไฟจากวงจร AGC มาทำการควบคุม โดยที่แรงไฟ AGC นี้จะ ถูกส่งผ่านทาง R5, R4, R3, R2, C2 และ R1 มาสู่เบสของ TS1 C3 ที่ค่อนขูดกับ R6 ในวงจรอิมิตเตอร์ของ TS1 เป็นตัวป้องกันการป้อนกลับแบบลบ (C3 และ R6 ที่ค่อนขูดกันนั้นทำหน้าที่ลดค่าคาปาซิเตอร์ระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ของ TS1) ดังนั้นการขยายสัญญาณโคแอสเทอโรดเฉพาะที่ความถี่สูงๆจะขยายได้ดี S2, S3, S4, S5 และ S6 เป็นแบบคิทมเคอร์ทำหน้าที่กำจัดความถี่ที่อยู่นอกเหนือจากความถี่ของโครมิแนนซ์ หมายความว่านอกเหนือจากความถี่ที่ต้องการแล้ววงจรนี้จะ ไม่ยอมให้ผ่านไปได้เลย

เนื่องจาก TS2 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณโครมิแนนซ์ IF ครั้งที่ 2 และมีอัตราขยายสูงมากจึงมีโอกาสที่จะเกิดการออสซิลเลชันได้ง่ายระหว่างคิทมเคอร์และเบสของ TS2 จึงใช้วิธีป้องกันการออสซิลเลชัน โดยเอาสัญญาณส่วนหนึ่งจากคิทม S4 ป้อนกลับผ่านตัวเก็บประจุตะเทิน (neutralize capacitor) C8 มายังเบสของ TS2 จากนั้นสัญญาณก็ก็จะนำมาจาก S5 กับ S6 ไปยัง R17 ซึ่งปรับค่าได้เป็น saturation control (ใช้ปรับความเข้มของสี)

วงจรขยาย TS3 เรียกว่า วงจรขับ PAL มีหน้าที่ขยายสัญญาณโครมิแนนซ์ IF เพื่อจะขับดันสัญญาณ เข้าสู่วงจรภาค PAL ส่วนมากวงจรนี้จะถูกควบคุมด้วยวงจร ACK (automatic colour killer) เพื่อหยุดการทำงาน (block) วงจร TS3 ในกรณีที่สัญญาณที่รับได้มีกำลังต่ำผิดปกติ หรือกรณีที่รับสัญญาณจากสถานีส่งขาวดำ เพราะจะทำให้ภาพสีมีสโนว์ไปรอบๆ วงจร ACK จะส่งแรงไฟจำนวนหนึ่งมาหยุดการทำงานวงจร TS3 ทันที

สัญญาณเบสิคที่เกาะมากับสัญญาณสีในช่วงเวลาเบสิค (ในขณะที่สับคิทมแนวราบ) อยู่นบนไหล่คิงของซิงค์ถูกแยกโดยคิทม S6 และ C11 เพื่อส่งไปควบคุมการซิงค์ของสี (colour synchronization) โดยผ่านวงจรเบสิคคิทมเคอร์และวงจรขยายเบสิค



ควรใช้หลอด 151
โดยระบุที่บริเวณหลอดนั้นด้วย
ในลักษณะให้เกิดขึ้นไปเป็นต้นฉบับ

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างวงจรแสดงการขยายสัญญาณโครมิกเนนซ์ที่แยกออกจากสัญญาณ IF
รวมถึงวงจรภูมิเนนซ์คัทเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การแยกสัญญาณ โครมิกแนนซ์ก่อนวงจรภูมิแนนซ์คิเทกเตอร์

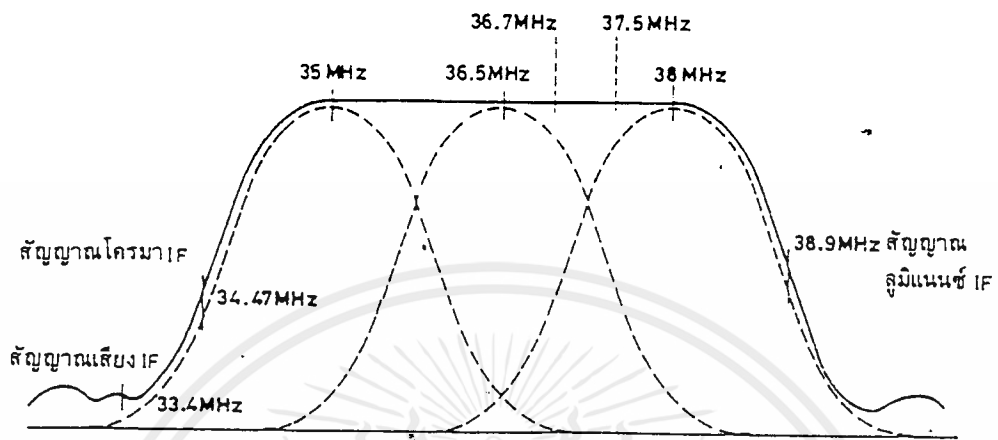
รูปที่ 3.1(ข) ได้แสดงลักษณะของบล็อกโคจรแอมป์ ของการแยกสัญญาณ โครมิกแนนซ์ ก่อนวงจรภูมิแนนซ์คิเทกเตอร์ ซึ่งมีวิธีการเหมือนกับ split carrier ในเรื่องของโทรทัศน์ขาวดำ การแยกสัญญาณที่ออกจากสัญญาณภูมิแนนซ์แบบนี้มีประสิทธิภาพดีกว่าแบบแรกเพราะการแยกสัญญาณตั้งแต่ต้นนั้น สามารถที่จะกำจัดสัญญาณที่ไม่ต้องการและเพิ่มการขยายสัญญาณที่ต้องการได้ สะดวกกว่า

ตามบล็อกโคจรแอมป์ สัญญาณ IF รวมถูกแยกออกจากวงจรขยาย IF รวม ถูกป้อนเข้าสู่วงจร โครมิกแนนซ์คิเทกเตอร์อีกต่างหาก วงจรนี้จะบิดให้สัญญาณโครมิกแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิร์ตซ์ และ สัญญาณเสียง 5.5 เมกะเฮิร์ตซ์ ออกมาเท่านั้น ส่วนสัญญาณภูมิแนนซ์ 0 - 5 เมกะเฮิร์ตซ์ถูกกำจัดทิ้งไป หลังจากนั้นสัญญาณโครมิกแนนซ์ 4.43 เมกะเฮิร์ตซ์ และ สัญญาณเสียง FM 5.5 เมกะเฮิร์ตซ์ จะถูก แยกไปสู่วงจรขยายของแต่ละภาค ซึ่งก็มีวิธีเหมือนแบบแรก

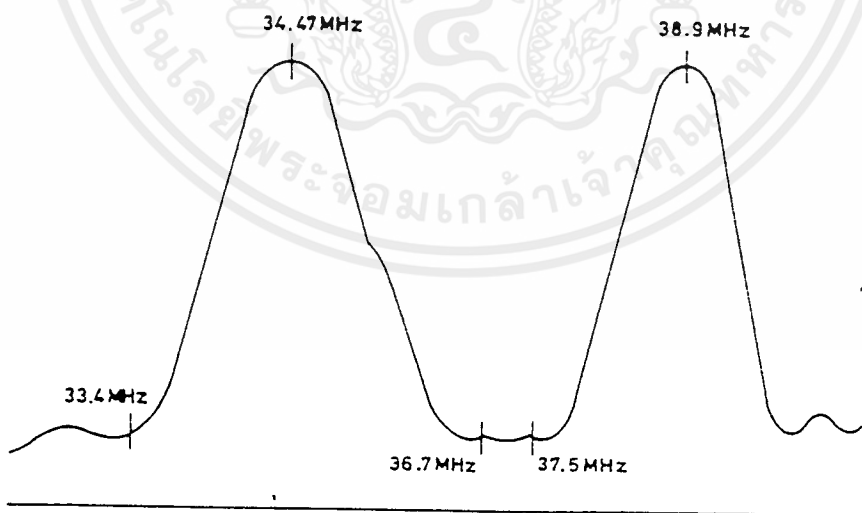
3.4 ข้อดีและข้อเสียของการแยกสัญญาณ โครมิกแนนซ์ทั้งสองแบบ

การแยกสัญญาณ โครมิกแนนซ์มาตั้งภูมิแนนซ์คิเทกเตอร์ (แบบแรก) มีข้อดีตรงที่ถึงแม้ต้อง อุปกรณ์น้อยกว่าแบบที่สอง แต่คุณลักษณะในการแยกคือดีกว่าโดยเหตุที่ว่า การปรับสัญญาณ IF รวม ได้ปรับความถี่แบบสเตจเจอร์จูน (stagger tune) คือ แต่ละของวงจรขยายจูนไว้ที่ความถี่ใกล้เคียงกัน ให้เกิดผลตอบสนองของความถี่โดยรวมกว้างขึ้น ดังรูปที่ 3.3 จะเห็นว่าวงจรขยาย IF แต่ละสเตจเจอร์จูนไว้ ณ. ความถี่ 35 เมกะเฮิร์ตซ์ 36.5 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 38 เมกะเฮิร์ตซ์ ข้อเสียที่จะเกิดขึ้นในการแยกแบบแรกก็คือ คราบโคที่สัญญาณที่รับได้มีกำลังต่ำลง ความถี่ของ IF ในย่าน 36.7 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 37.5 เมกะเฮิร์ตซ์ สามารถปิดกับภูมิแนนซ์ IF 38.9 เมกะเฮิร์ตซ์ให้มีความถี่ 2.2 เมกะเฮิร์ตซ์ ($38.9 - 37.5 = 1.4$) ออกมา ฮาร์โมนิกที่ 2 และที่ 3 ของสัญญาณเหล่านี้ใกล้เคียงกับความถี่ของ โครมิกแนนซ์ IF 4.3 เมกะเฮิร์ตซ์ สามารถที่จะไปรบกวนสัญญาณสีได้ ฉะนั้นนั้นจะทำการถคสัญญาณ IF ที่กล่าวมาแล้วไม่ได้หรือ คำตอบก็คือทำไม่ได้ เพราะถ้าขึ้นกำจัดความถี่ IF ที่ 36.7 เมกะเฮิร์ตซ์ และ 37.5 เมกะเฮิร์ตซ์แล้ว ความถี่ของภูมิแนนซ์ IF 38.9 เมกะเฮิร์ตซ์ จะถูกถคลงไปด้วยเพราะอยู่ใกล้เคียงกันมาก นี่ก็คือข้อเสียของการแยกหลังวงจรภูมิแนนซ์คิเทกเตอร์

ส่วนการแยกสัญญาณ โครมิกแนนซ์มาก่อนวงจรภูมิแนนซ์คิเทกเตอร์ สามารถที่จะนำเอาสัญญาณ IF ทั้งย่านไปทำการถคความถี่ IF ที่ไม่ต้องการที่กล่าวมาแล้วได้อย่างเต็มที่ ส่วนสัญญาณภูมิแนนซ์ IF จะไม่ตกต่ำลงมากนักเพราะได้ผ่านการขยายพอสมควรแล้วดังนั้นในวงจรก่อนที่จะถึงวงจร โครมิกแนนซ์ คิเทกเตอร์ จึงมีวงจรกำจัดความถี่ที่ไม่ต้องการอยู่ด้วยเสมอ ด้วยเหตุนี้ความถี่ต่างๆที่ต้องการก็จะ ออกมาตามรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.3 เส้นโค้งผลตอบสนองของความถี่ของภาค IF



รูปที่ 3.4 เส้นโค้งแสดงการแยกสัญญาณ IF ลูมิแนนซ์และ โครมิแนนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

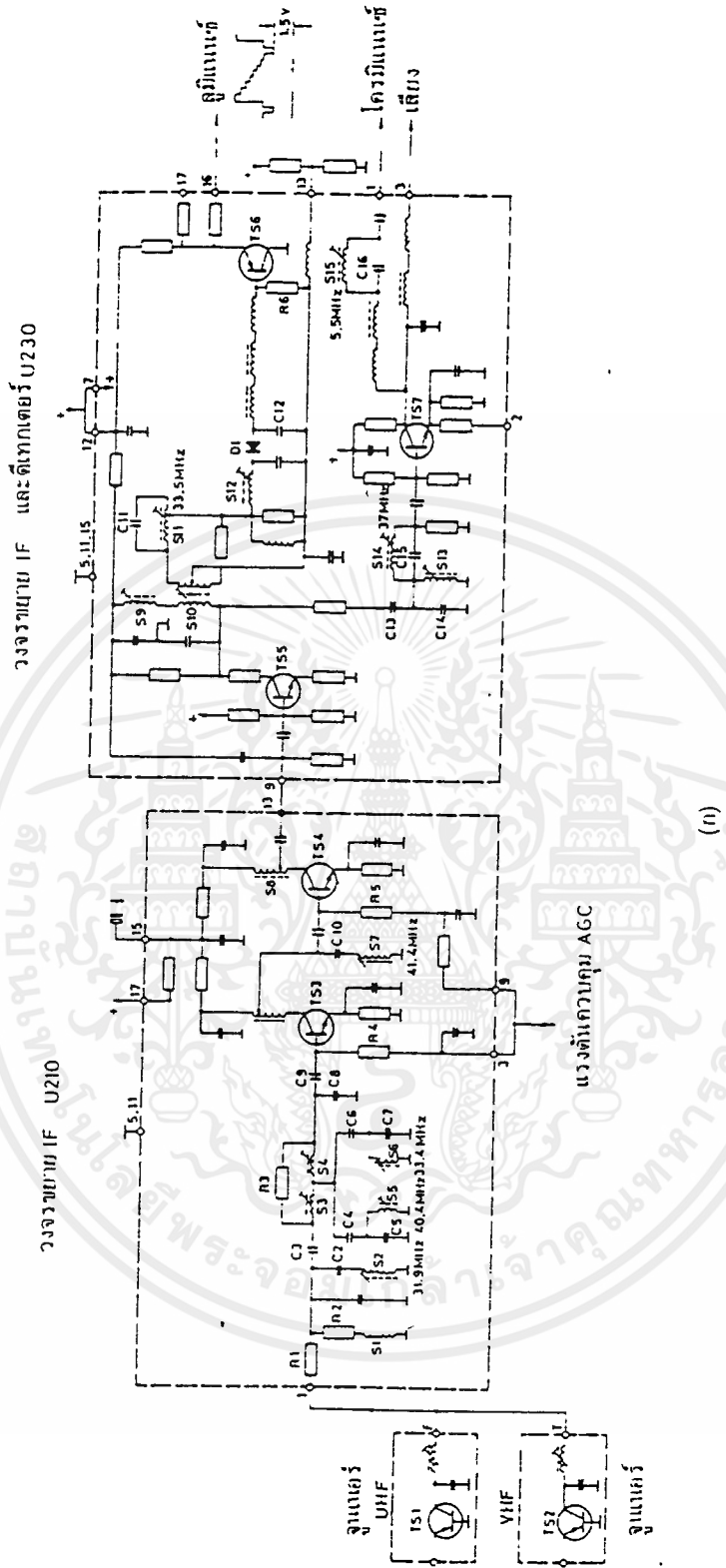
3.5 ตัวอย่างวงจรที่แยกสัญญาณ โครมิกแนชก่อนลูมิเนนซ์คิเทกเตอร์

รูปที่ 3.5(ก) เป็นวงจร IF คิเทกเตอร์ ของเครื่องรับทีวีสีรุ่น K11 วงจรจูนขานาน S11/C11 ทำหน้าที่สกัดสัญญาณคลื่นพาหะของเสียง 33.4 เมกะเฮิรตซ์ในเส้นทางลูมิเนนซ์เพื่อป้องกันไม่ให้สัญญาณเสียงไปรบกวนกับภาพบนจอ สัญญาณลูมิเนนซ์ได้คิเทกผ่าน D1 แล้วก็ส่งให้กับ TS6 ซึ่งสัญญาณนี้ได้ส่งให้กับวงจรขยายลูมิเนนซ์วงจรแยกซิงค์พัลส์ และวงจร AGC ต่อไป

สัญญาณจากคอตเลกเตอร์ TS5 ส่วนหนึ่งแยกไปเข้าขาเบสของ TS7 โดยผ่านวงจรหารความถี่ C13/C14 และวงจร S14/S15 รอยต่อ (junction) ระหว่างเบสกับอิมิตเตอร์ของ TS7 เสมือนเป็นไดโอด จึงทำการคิเทกทั้งสัญญาณเสียง 5.5 เมกะเฮิรตซ์และสี 4.43 เมกะเฮิรตซ์แล้วขยายออกคอตเลกเตอร์ สำหรับสัญญาณเสียง 5.5 เมกะเฮิรตซ์นี้ได้แยกออกจากขา 3 ของ U230 ส่วนสัญญาณสี 4.43 เมกะเฮิรตซ์ได้ป้อนผ่านวงจร 5.5 เมกะเฮิรตซ์ กับคิก (trap) S15/S16 เพื่อขจัดคลื่นเสียงไม่ให้ถี่คอตไปรบกวน สัญญาณสีมีฉะนั้นจะมีหลายเส้นความถี่สูงรบกวนภาพสี

วงจร S14/C15 บันทอนความถี่ 37 เมกะเฮิรตซ์ ทั้งนี้เพื่อกำจัดสัญญาณ IF ในย่านความถี่ที่เกิน 37 เมกะเฮิรตซ์ ออกไปเพื่อไม่ให้ผสมกับคลื่นลูมิเนนซ์ IF 38.9 เมกะเฮิรตซ์ ซึ่งจะบิดให้เกิดความถี่ผลต่าง ประมาณ 1.9 เมกะเฮิรตซ์ และฮาร์โมนิกที่ 2 ของสัญญาณผลต่างซึ่งเท่ากับ 3.8 เมกะเฮิรตซ์ จะสามารถไปรบกวนอยู่ในแถบความถี่ของสัญญาณ โครมิกแนชได้

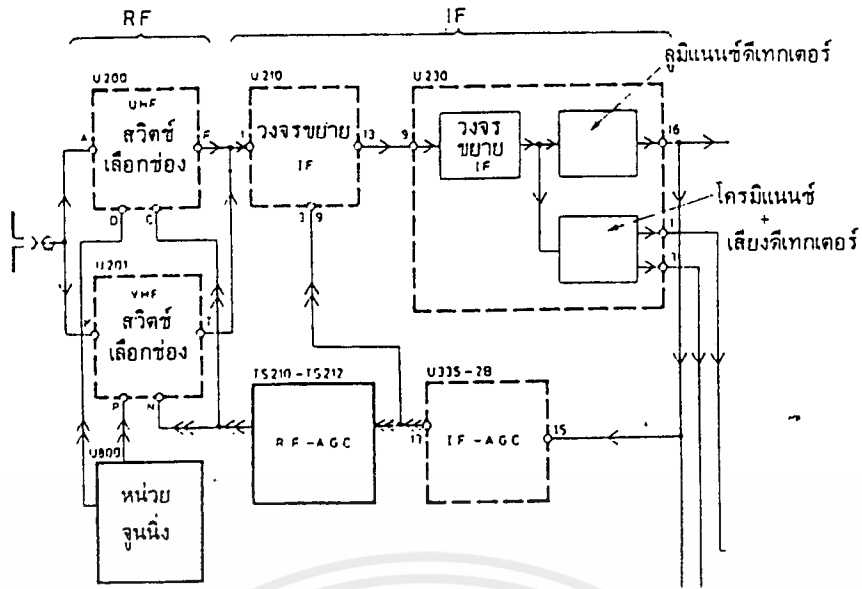
รูปที่ 3.5(ค) แสดงเส้นโค้งผลตอบสนองของวงจรขยายในเส้นทางลูมิเนนซ์ปรากฏที่ขา 16 ของ U230 รูปที่ 3.5(ง) เป็นเส้นโค้งผลตอบสนองของวงจรในเส้นทางโครมิกแนชปรากฏที่ขา 1 ของ U230



(ก)

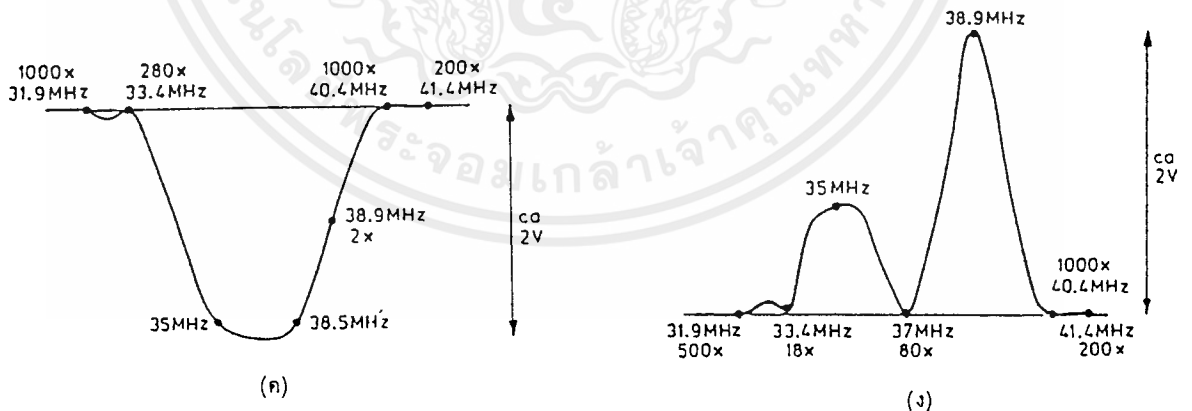
รูปที่ 3.5 การแยกสัญญาณภูมิแนชและ โครมิกแนชของเครื่องรับฟิลิปส์รุ่น K11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

(ข)



(ค)

(ง)

รูปที่ 3.5(ต่อ) การแยกสัญญาณลูมิแนนซ์และ โครมิแนนซ์ของเครื่องรับฟิลิปส์รุ่น K11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

หลักการดีโคเดอร์ PAL

ระบบ PAL มีหลักการเหมือนระบบ NTSC เกือบทั้งหมด เว้นแต่ได้เพิ่มกรรมวิธีสลับเฟสของของสัญญาณ (R-Y) เส้นเว้นเส้น ฉะนั้นสัญญาณ (R-Y) เส้นหนึ่งจะมีเฟสถูกต้องแต่สัญญาณ (R-Y) เส้นถัดไปจะมีเฟสตรงข้ามคือกลับเฟส 180 องศาเส้นที่สัญญาณ (R-Y) ส่งมาด้วยเฟสถูกต้องเรียกว่า เส้น NTSC ส่วนเส้นที่สัญญาณ (R-Y) ส่งมาด้วยเฟสกลับไป 180 องศา เรียกว่า เส้น PAL ทั้งเส้น NTSC กับเส้น PAL ถูกส่งมาจากเครื่องส่งสลับกัน

จะเห็นว่าการส่งเฟสของสัญญาณ (R-Y) สลับไปมาเส้นเว้นเส้นเช่นนี้ จะช่วยให้ความผิดพลาดทางเฟสของสัญญาณ โครมิแนนซ์น้อยลงได้ ส่วนประกอบที่สำคัญของวงจรดีโคเดอร์ PAL (PAL decoder) ที่ทำหน้าที่แก้เฟสนี้ ได้แก่ คิเล็คตาช่นกับวงจรบวกกับวงจรลบ

สำหรับสัญญาณซิงค์ของสีหรือสัญญาณเบิสต์จะเป็นตัวกำหนดสัญญาณ โครมิแนนซ์ที่ส่งมาเส้นใดเป็นเส้น NTSC เส้นใดเป็นเส้น PAL วงจรที่ทำหน้าที่สวิตซ์สัญญาณ -(R-Y) ที่กลับเฟสมาให้คืนเป็นสัญญาณ (R-Y) ที่มีเฟสถูกต้อง คือ วงจรสวิตซ์ PAL (PAL switch)

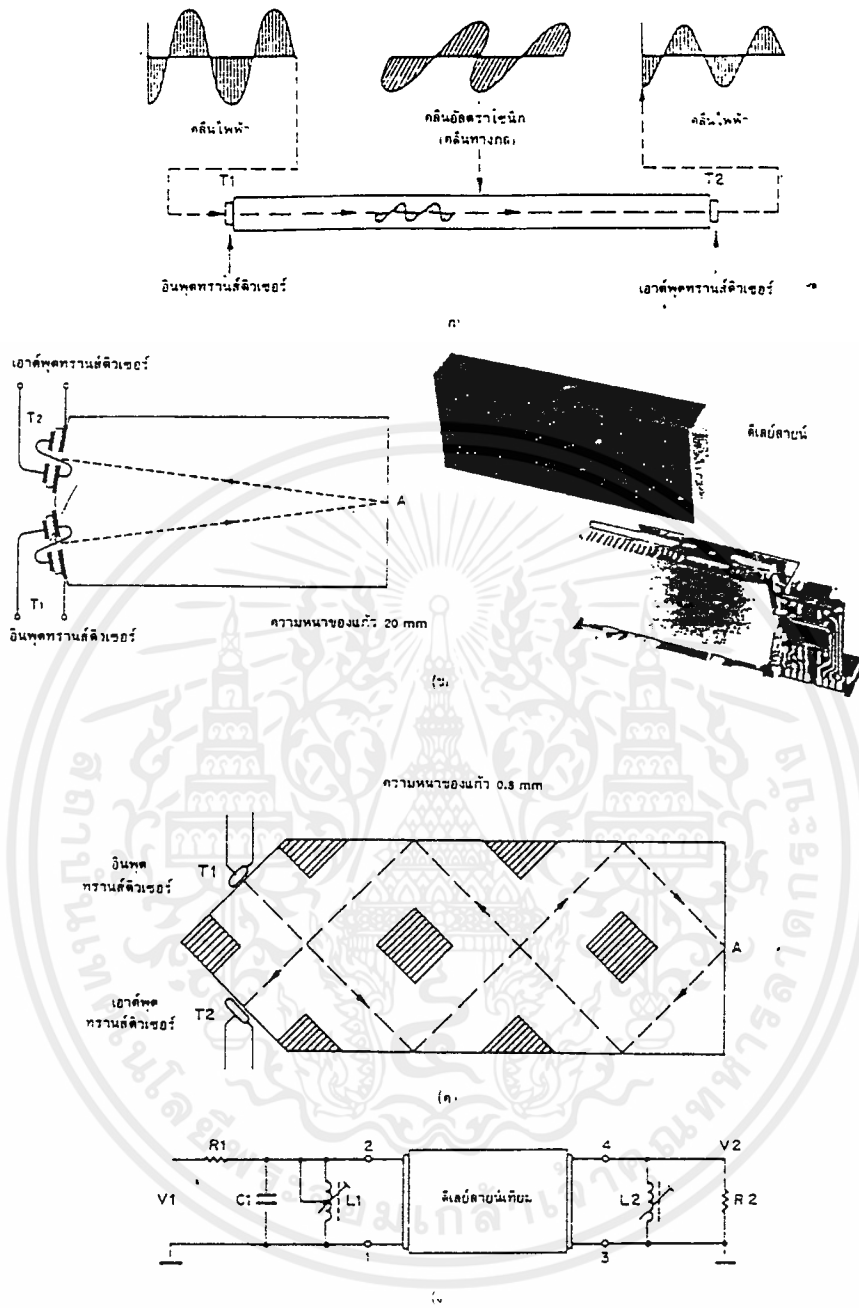
4.1 คิเล็คตาช่นเทียม

ส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งในดีโคเดอร์ระบบ PAL ก็คือ " ตัวหน่วงเวลาหรือคิเล็คตาช่น " ตัวคิเล็คตาช่นนี้ ทำหน้าที่หน่วงให้สัญญาณวิ่งช้าลง เพื่อประโยชน์ในการแก้ความผิดพลาดทางเฟสในระบบ PAL

คิเล็คตาช่นที่เราต้องการจะต้องสามารถหน่วงเวลาได้ 64 ไมโครวินาที (ในระบบ 625 เส้น) เท่ากับระยะเวลาสแกนแนวราบ 1 เส้นพอดี คิเล็คตาช่นมีหลายชนิดอาจจะเป็นคิเล็คตาช่นจริงๆ หรือเป็นคิเล็คตาช่นแบบสร้างเทียม (artificial delay line) ขึ้นก็ได้

คิเล็คตาช่นจริงๆ ในที่นี้หมายถึง " คิเล็คตาช่นทางไฟฟ้า " (electrical delay line) ซึ่งจำเป็นต้องใช้สายยาวมากและไม่เหมาะสม ส่วนคิเล็คตาช่นแบบสร้างเทียมขึ้นนั้นอาศัยหลักการแปลงสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นการสั่นทางกลคล้าย ๆ กลิ่นและคลื่นนี้เคลื่อนที่ด้วยความถี่เหนือเสียง ไปยังอีกจุดหนึ่ง ระยะทางในการเคลื่อนที่ที่ต้องพอดีเท่ากับ 64 ไมโครวินาที การแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นการสั่นด้วยความถี่ที่มีความเร็วเหนือเสียงนี้ทำได้โดยอาศัยทรานส์ดิวเซอร์ คิเล็คตาช่นแบบเทียมนี้มีขนาดสั้นเหมาะที่จะใช้ใ้ในทางปฏิบัติ เพราะความยาวจะลดลงประมาณหนึ่งแสนเท่าเมื่อเทียบกับคิเล็คตาช่นทางไฟฟ้า ความเร็วของสัญญาณไฟฟ้ามีค่า 300 ล้านเมตรต่อวินาที แต่ถ้าสัญญาณไฟฟ้าถูกแปรเปลี่ยนเป็นคลื่นเชิงกลเคลื่อนที่ในแก้วคิเล็คตาช่นเทียมแล้ว ความเร็วจะเหลือเพียง 3000 เมตรต่อวินาที

คลื่นสัญญาณที่ขั้วเข้าของเครื่องรับโทรทัศน์ระบบ PAL และ SECAM



รูปที่ 4.1 (ก) แสดงแนวความคิดในการหน่วงเวลาสัญญาณโครมาไป 64 ไมโครวินาทีด้วยดีเลย์ไลน์เทียม
 (ข) ดีเลย์ไลน์ยุคแรกๆอาศัยการสะท้อนครั้งเดียวทำให้ลดทอนความยาวลง
 (ค) ดีเลย์ไลน์ยุคหลังๆอาศัยการสะท้อนหลายๆครั้งทำให้ความยาวลดลง
 (ง) ตัวอย่างวงจรที่ใช้ในการวัดคุณสมบัติของดีเลย์ไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นถ้าต้องการหน่วงเป็นเวลา 64 ไมโครวินาที ความยาวของคิเล็ลยถาชนัชนิคเทียมนึจะยาวเพียง $3000 \cdot 64 \cdot 10^{-6} = 0.192$ เมตร หรือ 19.2 เซนติเมตร

คิเล็ลยถาชนัทำด้วยวัสดุที่มีลักษณะคล้ายแท่งแก้ว บนแท่งแก้วทั้งสองหน้ายึดด้วยทรานส์ควิเซอร์ ดังรูปที่ 4.1(ก) ในกรณีนี้ทรานส์ควิเซอร์ T1 จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าไปเป็นคลื่นความถี่เหนือเสียง เคลื่อนที่ไปสู่ทรานส์ควิเซอร์ T2 แล้วถูกแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าตามเดิม เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่จากจุด T1 ไปยัง T2 เท่ากับ 64 ไมโครวินาที

อีกวิธีหนึ่งของบริษัทฟิลิปส์มุลลาร์ด (Philips Mullard) จากรูปที่ 4.1(ข) คลื่นออกจาก T1 สะท้อนที่ผิว A กลับมายัง T2 วิธีนี้ความยาวแท่งแก้วจะลดสั้นลงครึ่งหนึ่งและการปรับแต่งแท่งแก้วทำได้โดยสะดวกโดยการขัด (grind) ที่ผิว A เพียงด้านเดียว ทรานส์ควิเซอร์ดังกล่าวยึดติดกับแท่งแก้ว โดยการเชื่อมวิธีพิเศษ นอกจากนี้ยังมีการควบคุมทิศทางเคลื่อนที่ของคลื่นให้ถูกต้องและมีการแก้ผลของตัวเก็บประจุ (capacitance) ของทรานส์ควิเซอร์ โดยการต่อคอยล์รอมตัวมันอีกด้วย (คอยล์ตัวนี้จะปรับมาจากโรงงานเรียบร้อยแล้ว ไม่ควรปรับใหม่อีก)

ขนาดของเอ้าท์พุทจากคิเล็ลยถาชนัจะมีขนาดเล็กกว่าอินพุทประมาณ 12 เดซิเบล (ราวๆ 4 เท่า) ดังนั้นจึงต้องมีการขยายเสียงก่อน นอกจากนี้เบนควิซท์ของคิเล็ลยถาชนัจะต้องกว้างพอ (ราว 2 เมกะเฮิรตซ์) และการเลื่อนเฟสจะต้องต่ำมากอีกด้วย (minimum phase shift)

ในระบบ SECAM ความผิดพลาดของการหน่วงเวลาจะต้องไม่เกิน 0.4 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในระบบ PAL ต้องการความแน่นอนสูงขึ้นอีกเป็น 0.05 เปอร์เซ็นต์

ข้อสำคัญของการหน่วงเวลาก็คือ ต้องไม่ขึ้นกับอุณหภูมิแก้วทั่วไปจะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดต่ออุณหภูมิมาก จึงต้องใช้แก้วพิเศษในการทำคิเล็ลยถาชนัซึ่งเรียกว่า Isopaustic แก้วชนิดนี้เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงความเร็วของคลื่นจะสูงขึ้นแต่ในขณะเดียวกันแก้วจะขยายตัวออกเป็นสัดส่วนสัมพันธ์กัน ระหว่างระยะทางกับความเร็วของคลื่นจนได้เวลาในการหน่วงเป็น 64 ไมโครวินาที การเคลื่อนที่ของคลื่นในแท่งแก้ว ดังรูปที่ 4.1(ก) รูปเป็นแบบคลื่นตามขวาง (shear wave) ในทิศทางขวางการเคลื่อนที่แบบตามขวางนี้มีความเร็วช้ากว่าคลื่นตามยาว (longitudinal wave) ซึ่งแสดงไว้ในรูปคลื่น 1 และการสะท้อนที่ผิวก็จะไม่มีการกลับเฟส

สำหรับทรานส์ควิเซอร์สร้างขึ้นจากสาร PZT (lead zirconate titanate ceramic) ซึ่งมีคุณสมบัติไพโซอิเล็กทริก (piezoelectric) นอกจากนี้ยังต้องมีขั้วถาวร (polarized permanent) คล้ายกับการสร้างแม่เหล็กถาวรซึ่งอาศัยวิธีการใส่สนามแม่เหล็กที่มีความเข้มสูงมากให้แก่สารดังกล่าวแล้วทำร้อนราว 150 องศาเซลเซียสในขณะที่ทรานส์ควิเซอร์มีขนาดบางมาราว 2000 ไมครอนเท่านั้น ความหนาของแท่งแก้วในรูปที่ 4.1(ข) จะหนาเพียง 2.5 เซนติเมตร จากการทดลองพบว่าแก้วซึ่งมีความหนาน้อยจะให้ประสิทธิภาพสูงกว่า

คิเล็ลยถาชนัรุ่นใหม่มักใช้การเคลื่อนที่แบบซิกแซก ซึ่งจะทำให้ความหนาลดลงเหลือเพียง 0.8 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 4.1(ค) ยิ่งกว่านั้นคิเล็ลยถาชนัรุ่นใหม่ก็ยังมีขนาดเล็กลงไปอีก

ตัวอย่างของข้อมูลทางเทคนิคของคิเล็คธาซัน ในที่นี้คือ DL40 ของฟิลิปส์
ข้อมูลวัดที่ 25 องศาเซลเซียสด้วยวงจรรูปที่ 4.1(ง)

- ความถี่ใช้งาน $f_{nom} = 4.433619$ เมกะเฮิร์ตซ์

- เวลาหน่วง (t) ระหว่าง V1 กับ V2 $63.943 + 0.001$ ไมโครวินาที (ของสัญญาณซายน์ความถี่เท่ากับความถี่ที่ใช้งาน)

- แบนด์วิดท์จากน้อยกว่า 3.43 เมกะเฮิร์ตซ์ถึงมากกว่า 5.23 เมกะเฮิร์ตซ์ ที่ -3 เดซิเบล

- การสูญเสียที่ความถี่ $f_{nom} = 8 \pm 3$ เดซิเบล

- การเลื่อนเฟสในเวลา 1 เซนติเมตร เมื่อไม่เกิน 5 นาโนวินาที (ส่วนใหญ่ราว 3 นาโนวินาที)

- เพิ่มอุณหภูมิครั้งละ 1 องศาเซลเซียส จาก 20 องศาเซลเซียส ถึง 50 องศาเซลเซียส แรงดัน

อินพุตป้อนได้สูงสุดที่ความถี่ f_{nom}

- การสะท้อนของคลื่นที่ไม่ต้องการ (เวลา $3t$) น้อยกว่า -22 เดซิเบล เทียบกับ $1t$

- อุณหภูมิใช้งาน -20 องศาเซลเซียสถึง +70 องศาเซลเซียส

วงจรที่ใช้วัดคุณสมบัติเป็นดังรูปที่ 4.1(ง)

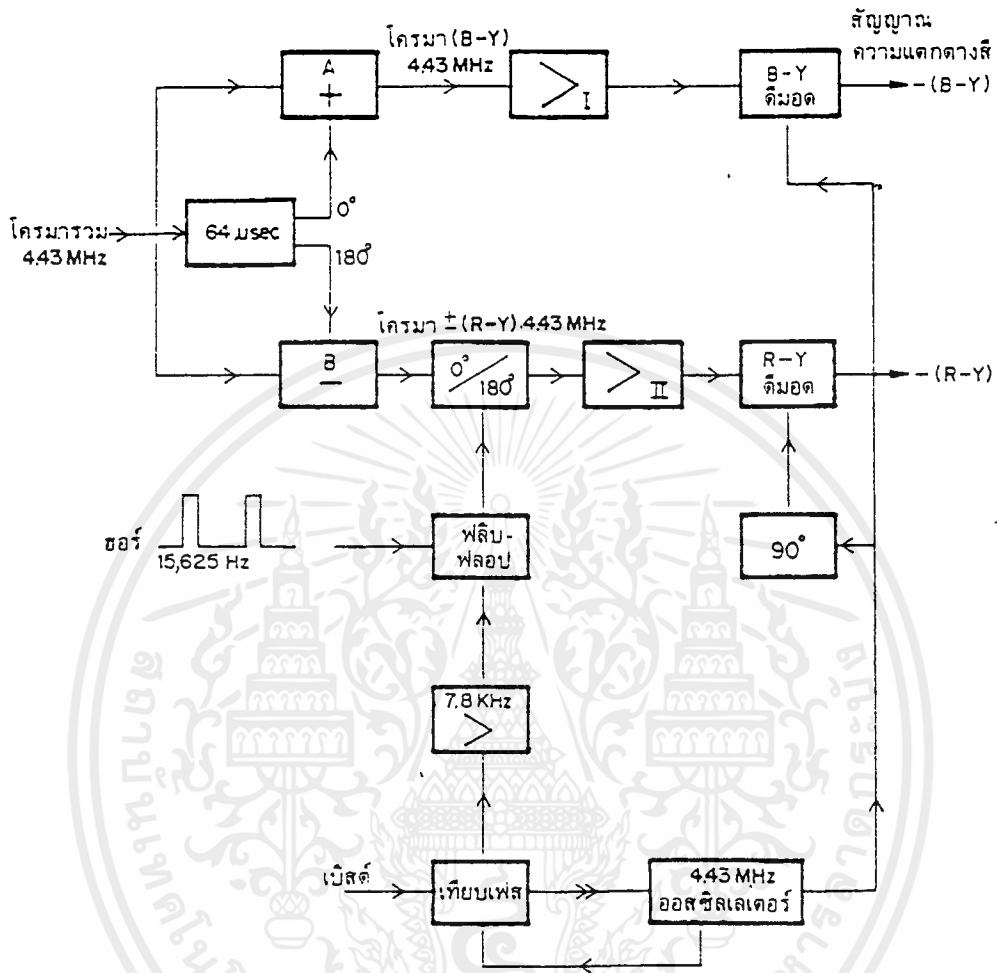
R1 , R2 = 390 โอห์ม C1 = 120 พิโคฟาร์ด X11 = 128 โอห์ม X12 = 231 โอห์ม

4.2 ตัวอย่างวงจรคิโคเคอร์ PAL

รูปที่ 4.3 เป็นวงจรคิโคเคอร์ PAL ของเครื่องรับ X25K121 ประกอบด้วยวงจรแก้เฟสผิดพลาดก่อนส่งไปยังมอดูเลเตอร์ (R-Y) กับ (B-Y) ผลลัพธ์ที่ได้จึงเป็นสัญญาณความแตกต่างสีที่ถูกต้องขึ้น

บล็อกไดอะแกรมรูปที่ 4.2 สมมติสัญญาณโครมาทีเฟส เทียบกับแกน (B-Y) ตรงกับสี K ดังรูปที่ 4.4 (ก) ซึ่งในระบบ PAL สี K นี้จะส่งมาเป็นสัญญาณโครมาทีองค์ประกอบ (R-Y) ถูกกลับเฟสไปมาเป็นเวกเตอร์ K และ K' เฟสจะเป็น \pm (สลับเว้าสลับ) เช่น ถ้าเส้นสี (R-Y) ส่งมาดังรูป 4.4(ข) ในเส้นคู่จะส่ง (R-Y) กลับเฟสมาดังรูปที่ 4.4(ค) สี K จึงให้ผลรวมที่มีเฟส \pm ในบล็อกไดอะแกรมสัญญาณโครมาทีที่ป้อนให้แก่คิเล็คธาซันจะเกิดเป็นเอาต์พุต 2 อัน ซึ่งต่างเฟสกัน 180 องศา ป้อนไปให้แก่วงจรบวกและวงจรถลบสัญญาณเอาต์พุตที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านการหน่วงเวลาจะช้าลงไป 64 ไมโครวินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการสแกนแนวราบ 1 เส้น ในการบวกและลบสัญญาณ เรานำเอาสัญญาณโครมาทีผ่านกรรหาช่วงขมามาแล้วกับสัญญาณโครมาทีที่ไม่ได้ผ่านการหน่วงเวลา (สัญญาณโครมาทีเข้ามาโดยตรง) มาทำการบวกและลบกัน (ในวงจรบวกและลบ)

กล่าวคือเมื่อเส้นที่ 1 ถูกส่งมาแล้วเส้นภาพนี้จะถูกหน่วงเวลาไป 1 เส้น (หรือ 64 ไมโครวินาที) เมื่อเส้นที่ 2 เข้ามา เส้นที่ 1 จะปรากฏที่เอาต์พุตของคิเล็คธาซันพอดี เส้นที่ 1 นี้จะผสม (บวกหรือลบ) กับเส้นที่ 2 ที่เพิ่งเข้ามาที่อินพุตในวงจรบวกและลบ กล้อง A และ B (ดูรูปที่ 4.2) ผลที่ได้จะเป็นสัญญาณโครมา (R-Y) และ (B-Y) เพื่อนำไปดีเทกต่อไป

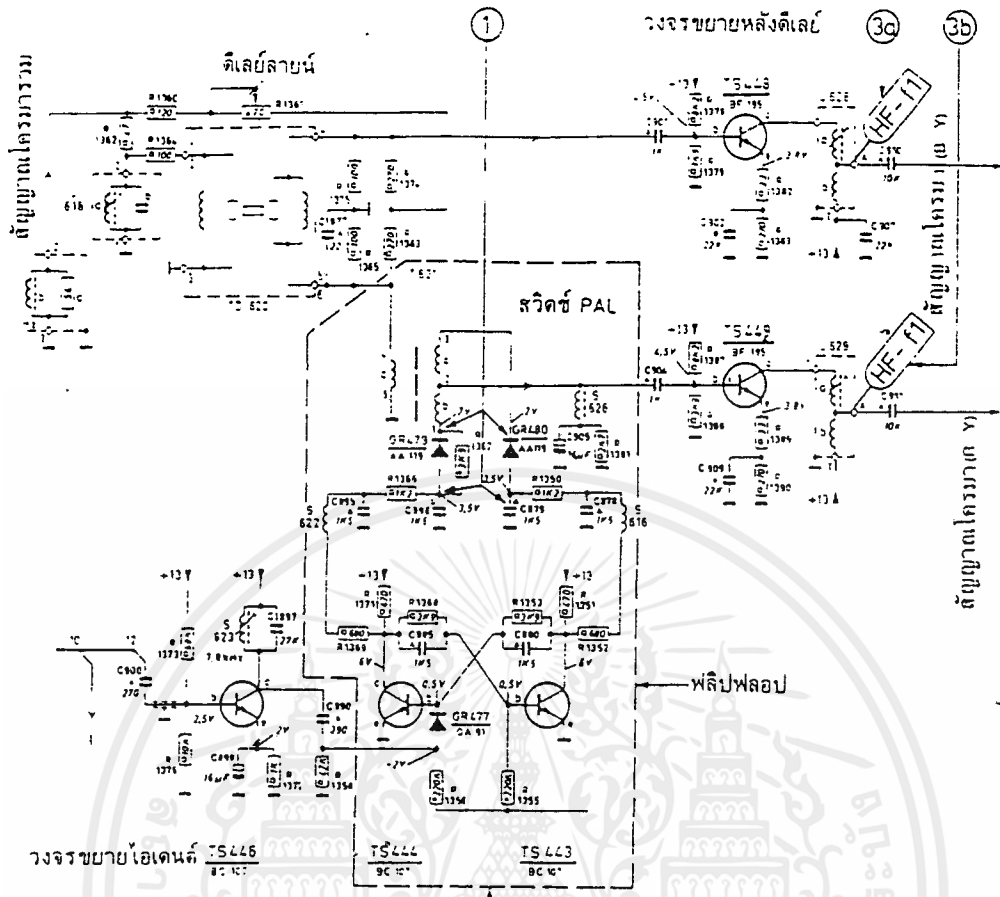


รูปที่ 4.2 บล็อกไดอะแกรมของดีโคเดอร์ PAL

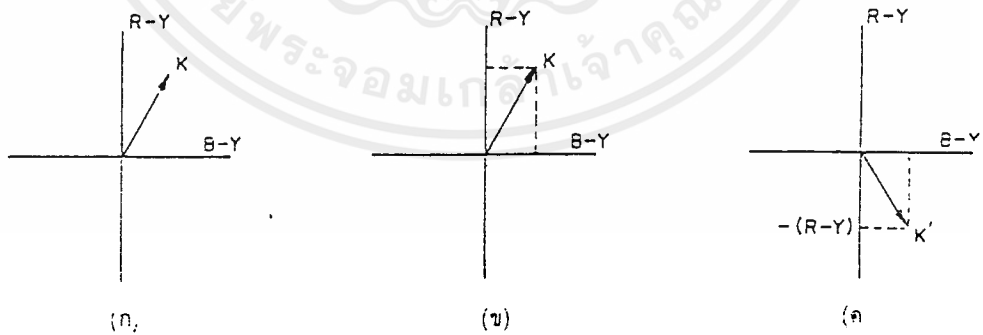
การกวาดเส้นที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.5 นั้นแสดงให้เห็นบริเวณซึ่งมีสี K (ความจริงทั้งสามเส้นนี้ อยู่ชิดกันมาก รูปที่แสดงไว้เป็นรูปขยาย) เส้นประเป็นการกวาดของฟิล์มถัดไป เส้นที่ 1 สัมพันธ์กับรูปที่ 4.4(ข) ส่วนเส้นที่ 2 สัมพันธ์กับรูปที่ 4.4(ค)

เส้นที่ 1 ที่เข้ามาที่เอาต์พุตของดีโคเดอร์นี้จะ ไม่มีการแก๊เฟสที่เกิดขึ้น หลังจากนั้น 64 ไมโครวินาที เส้นที่ 2 ก็เข้ามาที่อินพุตของวงจรมสุมบวก ขณะเดียวกับที่เส้นที่ 1 โผล่มาที่เอาต์พุตเกิดการผสมสัญญาณ ระหว่างเส้นที่ 1 กับเส้นที่ 2 ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



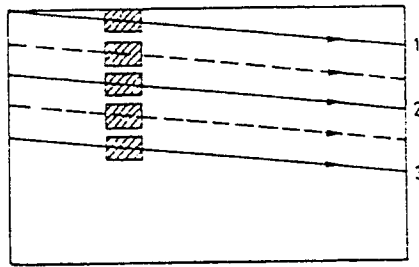
รูปที่ 4.3 วงจรดีโคเดอร์ PAL ของเครื่องรับฟิลิปส์รุ่น X25 K121



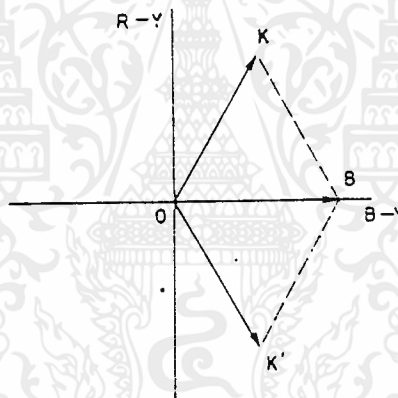
รูปที่ 4.4 สัญญาณ โครมาที่ส่งมาจากเครื่องส่งสีเป็นสี K

- (ก) เวกเตอร์ K ที่ควรจะเป็น
- (ข) เวกเตอร์ K ที่ส่งมาในเส้นคู่ 1,3,5...
- (ค) เวกเตอร์ K ที่ถูกส่งไปเป็นเฟส K ในเส้นคู่ 2,4,6...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การกวาดของเส้นที่ 1,2,3 ณ ตำแหน่งที่มีสี่ D (สี่เหลี่ยมที่ระบายแรมสี K)
เส้นประแสดงการกวาดของพีลด์ักไป



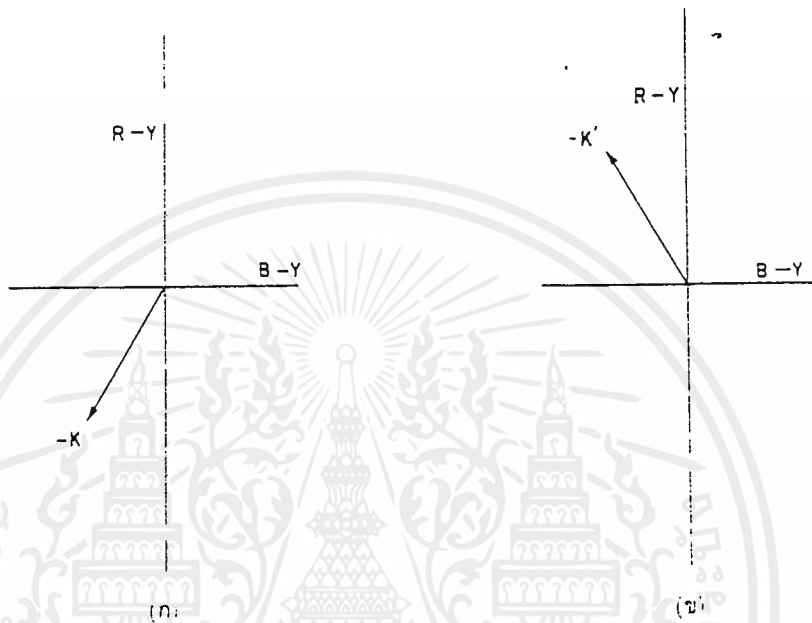
รูปที่ 4.5 การบวกสัญญาณที่ถูกหน่วงเวลากับสัญญาณทางตรงในวงจรบวกผลลัพธ์คือ เวกเตอร์ B

ในรูปที่ 4.6 เวกเตอร์ K คือเส้นที่ 1 ซึ่งถูกหน่วงเวลาและเวกเตอร์ K' คือเส้นที่ 2 ที่เพิ่งเข้ามา
ผลบวกของ K กับ K' เกิดขึ้นในวงจรบวกสัญญาณ (กล่อง A ในรูปที่ 4.2) ผลลัพธ์คือเวกเตอร์ B

สำหรับการลบสัญญาณก็คือ การกลับเฟสของตัวลบก่อนแล้วจึงบวก (อย่างเวกเตอร์) เช่น
เราต้องการ K-K' เราก็กลับเฟสของตัวลบ K' ให้เป็น (-K') แล้วบวกกันเป็น K+(-K) ในทำนองเดียวกันถ้า
ต้องการ K'-K เราก็กลับเฟสของ K ให้เป็น (-K) แล้วบวกกันเป็น K'+(-K) นี่คือเหตุผลที่เขียนมุม 0 และ
180 องศา แสดงไว้ที่เอาต์พุตของคิเธ์ตาซันในรูปที่ 4.2 การกลับเฟสของ K และ K' แสดงไว้ในรูปที่
4.7(ก) และ รูปที่ 4.7(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่วงจรถบ (กล่อง B) รูปที่ 4.8 เส้นที่ 1 หรือเวกเตอร์ K ที่ถูกกลับเฟส 180 องศาเป็น $-K$ บวกเส้นที่ 2 ซึ่งเพิ่งเข้ามา K' เกิดเป็น $-R$ ดังรูปที่ 4.8 (ข) เมื่อเส้นที่ 2 คือ K' เกิดขึ้นที่ในตัวคิเล็คถาน์ไป 64 ไมโครวินาที จนปรากฏที่เอาต์พุต เส้นที่ 3 เส้นใหม่คือ K ก็มาปรากฏที่อินพุต ในวงจรถบว (กล่อง A) จะได้เป็น $K + K'$ ผลลัพธ์ที่ได้เป็นเวกเตอร์ B ดังในรูปที่ 4.6



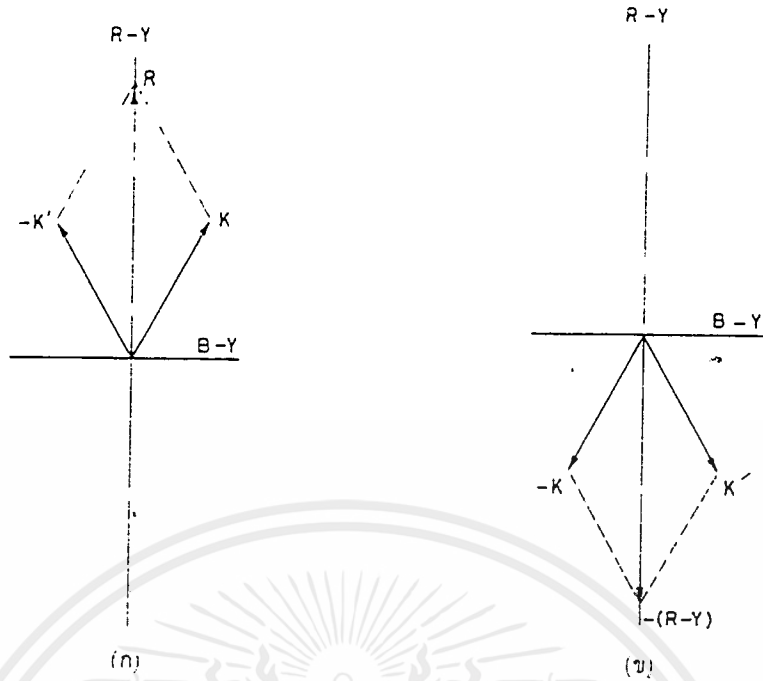
รูปที่ 4.7 การกลับเฟสของสัญญาณที่ถูกหน่วงเวลาที่ต้องการจะนำไปลบกับสัญญาณทางตรง

(ก) $-K$ (เส้นคี่) (ข) $-K'$ (เส้นคู่)

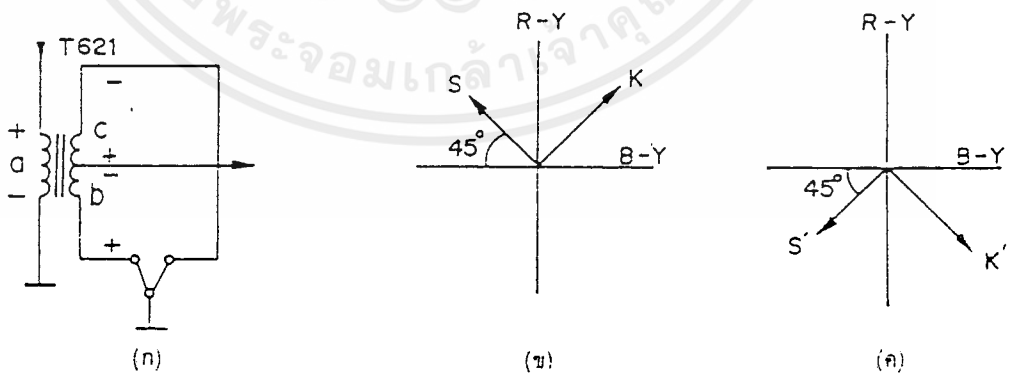
ส่วนในวงจรถบ (กล่อง B) เส้นที่ 2 (K) จะถูกกลับเฟสเป็น K แล้วรวมกับ K (เส้นที่ 3) ได้เป็น $K-K'$ หรือ R ดังในรูปที่ 4.8(ก)

สังเกตว่า " ผลลัพธ์จากวงจรถบและลบคือ B และ $+R$ ในวงจรถบว " เวกเตอร์ B ไม่มีการกลับเฟส ส่วนเวกเตอร์ R ที่ได้มีเฟสกลับไปกลับมา $+R$ อยู่เสมอ คิวอัตราครึ่งความถี่ลาซาร์ โครมา $+R$ นี้จะถูกกลับเฟสให้เป็น $+R$ ทุกตัวด้วยการสวิตช์ของวงจรอเคนต์ 7.8 กิโลเฮิร์ตซ์ (7.8 กิโลเฮิร์ตซ์ เท่ากับครึ่งหนึ่งของความถี่ลาซาร์ 15.6 กิโลเฮิร์ตซ์) การกลับเฟสทำโดยวงจรถบที่รูปที่ 4.9(ก) ซึ่งแสดงแนวความคิดง่าย ๆ ของการกลับเฟสของ R สวิตช์ที่เขียนไว้คือ วงจรถบที่เปลี่ยนสถานะจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่งด้วยการควบคุมของสัญญาณไอเคนต์ 7.8 กิโลเฮิร์ตซ์ วงจรถบที่เปลี่ยนนี้จะซิงค์กับสัญญาณพลาซมเบ็คพอดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การลบขณะที่สัญญาณโครมาที่ส่งมาเป็น (ก) เส้นคี่ และ (ข) เส้นคู่ สัญญาณ ไอเคนต์นี้เกิดจากการเทียบเฟส ซึ่งใช้ในการซิงเกิ้ลเอนด์ทุกของวงจรเทียบเฟสเป็นริบเบิล (ripple) ที่มีความถี่เท่ากับครึ่งความถี่ถาชน เนื่องจากบิสต์ถูกส่งมาเป็นแบบการสวิตช์ระหว่าง S กับ S' ใน รูปที่ 4.9(ข) และรูปที่ 4.9(ค)



รูปที่ 4.9 (ก) การกลับเฟสของ $\pm(R-Y)$ ให้เป็น $+(R-Y)$ เสมอ (ข) , (ค) บิสต์จะแกว่งไปมาระหว่าง $+45$ องศา เทียบแกน $-(B-Y)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วงจรผสมสัญญาณและวงจรขยายหลังคีย์

สัญญาณโครมาป้อนให้แก่คีย์สเตชัน TD620 ผ่านทาง R1362 และ R1364 ผลรวมของ R1362 กับ R1364 เท่ากับค่าอิมพีแดนซ์ (characteristic impedance) ของคีย์สเตชัน 150 โอห์ม เพื่อมิให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับ (reflection)

สัญญาณที่ผ่านคีย์สเตชันจะถูกหน่วงเวลาไว้ 64 ไมโครวินาที แรงดันเอาต์พุตที่เกิดขึ้นที่ R1363 จะมีเฟสตรงข้าม

สัญญาณโครมาที่ผ่านโดยตรงทาง R1360 กับ R1361 จะผสมกับสัญญาณโครมาที่ถูกหน่วงเวลาที่ป้อนเข้าที่จุดระหว่าง R1374 กับ R1363

การปรับให้เอาต์พุตของคีย์สเตชันมีเฟสตรงกันและตรงข้ามกับอินพุต ทำให้ได้โคจรการปรับ U618 แรงดันที่เกิดขึ้นจากการบวกข้างต้นจะสัมพันธ์กับรูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่ได้คือ เวกเตอร์ B เกิดขึ้นที่จุดระหว่าง R1374 กับ R1375 ส่วนที่จุดระหว่าง R1363 กับ R1365 แรงดันจะเกิดขึ้นดังในรูปที่ 4.8(ก) และรูปที่ 4.8(ข) เนื่องจากการผสมแบบลบกัน

สังเกตว่า R1374 กับ R1363 ต่อขนานกับ R1375 กับ R1365 ตัวต้านทานทั้งหมดนี้ผสมกันได้ประมาณ 150 โอห์ม ที่เอาต์พุตของคีย์สเตชัน

สัญญาณโครมาที่เกิดขึ้นที่ R1375 จะถูกขยายโดย TS448 แล้วส่งต่อไปยังวงจรคีมอด (B-Y) ผ่านทาง C910

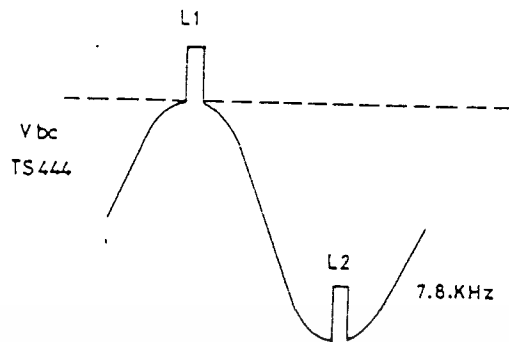
สัญญาณโครมาที่เกิดขึ้นที่ R1365 มีเฟสกลับไปมา $+(R-Y)$ ดังในรูปที่ 4.8 (ก) และรูปที่ 4.8(ข) สัญญาณนี้จะถูกแก้ไขให้มีเฟสเหมือนกันเป็น $(R-Y)$ ด้วยหม้อแปลง T621 แล้วขยายด้วย TS449 ก่อนที่จะป้อนผ่าน C911 ไปยังวงจรคีมอด $(R-Y)$

สังเกตว่าคอยล์ U628 และคอยล์ U629 สามารถถูกปรับเพื่อให้ได้เฟสและขนาดของสัญญาณโครมา $(R-Y)$ กับ $(B-Y)$ มีเฟสที่ถูกต้อง

4.4 การคืนอัตราส่วนการถ่วงของสัญญาณ $(R-Y)$ และ $(B-Y)$

สัญญาณโครมา $(R-Y)$ และ $(B-Y)$ ก่อนที่จะส่งเข้าวงจรมาตามซมอดูเลเตอร์ในเครื่องส่ง จำเป็นจะต้องถ่วง (weighting) ให้มีขนาดเล็กลงเพื่อไม่ให้เกินมอดูเลชัน (overmodulation) อัตราส่วนของ $(R-Y)$ จะลดลงเหลือ 0.877 หน่วยและอัตราส่วนของ $(B-Y)$ เหลือ 0.493 หน่วยดังรูปที่ 4.11

เมื่อสัญญาณทั้งสองมาถึงเครื่องรับจะต้องมีการคืนอัตราที่ถูกลดไป ให้เท่าเดิมเหมือนตอนที่ยังไม่ได้ลด ถ้าเครื่องรับไม่มีความสามารถจะคืนส่วนลดจะทำให้สื่อกำลังจริงไปได้ (สื่อกำลัง) เพราะฉะนั้นถ้าสัญญาณของ $(R-Y)$ มาถึงเครื่องรับ 0.877 หน่วยจะต้องเพิ่มขึ้นเป็น 1 หน่วย นั่นคือ สัญญาณ 0.877 หน่วยจะต้องเพิ่มขึ้นให้เป็น 1 หน่วย



รูปที่ 4.10 การชิงก์ฟลิปฟลอปเพื่อการไอเคนด์ สังเกตว่าสัญญาณไอเคนด์รวมกับพัลส์ฟลายแบ็ก เพื่อนำไปทริกเกอร์วงจรฟลิปฟลอปในวงจรสวิตช์ PAL

สัญญาณ 1 หน่วย จะต้องเพิ่มขึ้นให้เป็น $\frac{1}{0.877} = 1.14$ หน่วย

ในทำนองเดียวกัน ถ้าสัญญาณของ (B-Y) มาถึงเครื่องรับ 0.493 หน่วยเช่นกัน นั่นคือ สัญญาณ 0.493 หน่วยจะต้องเพิ่มขึ้นให้เป็น 1 หน่วย

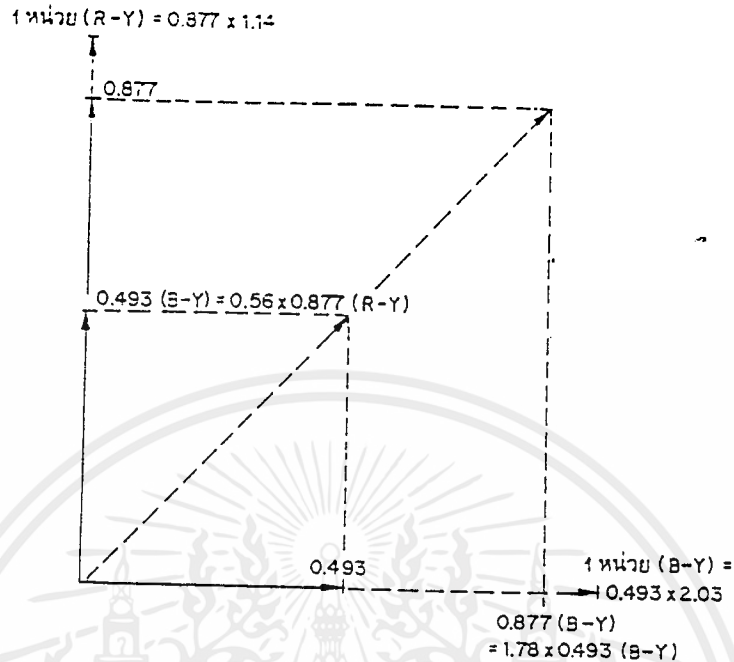
สัญญาณ 1 หน่วย จะต้องเพิ่มขึ้นให้เป็น $\frac{1}{0.493} = 2.03$ หน่วย

สังเกตว่าการลดสัญญาณ (R-Y) ลง 0.877 หน่วย และการลดสัญญาณ (B-Y) ลง 0.493 หน่วย แสดงถึงอัตราการลดสัญญาณ (B-Y) ลดลงมากกว่าสัญญาณ (R-Y) เกือบครึ่งต่อครึ่ง ฉะนั้นในทำนองเดียวกันเมื่อมาถึงเครื่องรับเครื่องรับจะต้องเพิ่มสัญญาณ (B-Y) มากกว่าสัญญาณของ (R-Y) เกือบครึ่งต่อครึ่งเช่นกัน จำนวนโดยเทียบบัญญัติใครขางค์ดังนี้

(B-Y) ขยาย 2.03 ส่วน (R-Y) ขยาย 1.14 ส่วน

หมายความว่าถ้าขยาย (B-Y) เต็ม 1 หน่วย ต้องขยาย (R-Y) เพียง $\frac{1.14}{2.03} = 0.56$ ส่วนเท่านั้น

ในทางตรงกันข้ามแทนที่แทนที่เราจะลดสัญญาณของ (R-Y) เราอาจใช้วิธีเพิ่ม (R-Y) แทนก็ได้ สำหรับวงจรในรูปที่ 4.3 เราลดอัตราส่วนของ (R-Y) ในวงจรสวิตช์ PAL



รูปที่ 4.11 การคืนอัตราส่วนถ่วงของสัญญาณ (R-Y) กับ (B-Y)

เมื่อได้ปรับอัตราส่วนทั้ง 2 สัญญาณให้ถูกต้องแล้วสัญญาณทั้งสองจะถูกป้อนเข้าสู่วงจรมายอีกครั้ง เมื่อผ่านวงจรมายออกมาแล้วสัญญาณทั้งสองจะต้องรักษาเฟสให้ต่างกัน 90 องศาด้วยคอลลูมที่ต่อหลังวงจรมายทั้งสอง ถ้าเกิดการคลาดเคลื่อนเราแก้ไขได้โดยการปรับคอลลูมทั้งสองนี้ วงจรมายทั้งสองนี้มักเรียกว่า " วงจรมายหลังคีย์ "(post delay amp) ดังรูปที่ 4.3 ดังนั้นสัญญาณของ (R-Y) ก่อนที่จะส่งเข้าวงจรมายจึงถูกแต่งอัตราส่วนของแอมพลิจูดและเฟสให้เรียบร้อยเสียก่อน ด้วยวงจรมาย PAL นี้

4.5 สวิตช์ PAL 0/180 องศา

หม้อแปลง T621 (รูปที่ 4.3) ทำหน้าที่สลับเฟสคืนให้ $\pm (R-Y)$ เป็น $+(R-Y)$ เหมือนกันทุกๆเส้น สัญญาณโครมา $\pm (R-Y)$ ป้อนมาที่ขดลวด a ของ T621 เอาต์พุตออกมาจากจุดกลางของขดลวดทุติยภูมิ (secondary) ระหว่าง d กับ c สัญญาณที่ออกจากขด b กับขด c จะมีเฟสตรงข้ามกัน วงจรฟิลิปพลอบจะสลับเฟสนี้ให้ถูกต้องและตรงกับการสลับเฟสของ (R-Y) พอดี เอาต์พุตจะได้เป็น $+(R-Y)$ อย่างเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตว่าอัตราส่วนของจำนวนรอบของขดลวดของ T621 จะสัมพันธ์กับอัตราส่วนการถ่วงของ สัญญาณความแตกต่างสี่จากเครื่องส่งคือ 0.877 สำหรับ (R-Y) และ 0.493 สำหรับ (B-Y) ทั้งนี้เพื่อชดเชย ปริมาณของสัญญาณ อัตราส่วนที่ใส่ให้แก่สัญญาณ (R-Y) นี้จะเท่ากับ $0.493 / 0.877$ หรือ 0.56 เท่า

T621 นี้จะถูกควบคุมด้วยฟลิปฟลอป TS443 กับ TS444 ทรานซิสเตอร์ TS444 กับ TS443 จะ นำกระแสสลับกันและจะป้อนไฟบวกแก่ไดโอด GR480 หรือ GR479 คนละเวลากัน (เสมือนทำให้ข้างใด ข้างหนึ่งต่อลงดินรูปที่ 4.9(ก)) เช่นป้อนไฟบวกแก่ GR480 เมื่อ TS444 นำกระแสผ่านทาง R1352, S616 และ R1350 จะทำให้ไดโอดนำกระแส ในกรณีนี้ขดลวด c ของ T621 จะต่อลงดินทาง AC ผ่านทาง GR480 กับ C879 และเอาต์พุตคร่อมขดลวด c จะถูกนำไปขยายโดย TS449

เมื่อ TS443 นำกระแส (TS444 จะ OFF) ไดโอด GR479 จะนำกระแสขดลวด b ของ T621 จะลงดิน สัญญาณคร่อมขดลวด b จะถูกนำไปขยาย

ฟลิปฟลอปจะทำหน้าที่อย่างสัมพันธ์กับฟลายแบ็ก (บวก) จากภาคฮอว์ สอร์พัลส์นี้จะเข้ามาที่ เบสของ TS444 และ TS443 ทาง R1356-GR447 และ R1355 ฟลิปฟลอปจะหารความถี่ถาษณ์ลงครึ่งหนึ่ง และนอกจากนี้มันยังถูกควบคุมด้วยสัญญาณไอเคนต์จาก TS446

การ ไอเคนต์คือการบอกสวิทช์ PAL ว่าการตีไค้ดในเส้นทาง (R-Y) ต้องการให้กลับเฟสของ เวกเตอร์ +R การซิงก์นั้นจำเป็นต้งซึ่งก้ทั้งความถี่และเฟส การควบคุมความถี่ทำโดยฟลายแบ็ก ส่วน เฟสควบคุมโดยหน่วยไอเคนต์

เนื่องจากเฟสของบิสต์เปลี่ยนไปมา (สวิง) ทุกๆเส้นความถี่ของเอาต์พุตของ TS446 เท่ากับ ครึ่งถาษณ์ (อินพุตของวงจร TS446 นี้มาจากวงจรเทียบเฟส) เอาต์พุตของวงจร TS446 เป็นวงจรคูณความถี่ เท่ากับ 7.8 กิโลเฮิรตซ์ เกิดเป็นสัญญาณซายน์

สัญญาณซายน์นี้ร่วมกับพัลส์ฟลายแบ็ก จะ ไปจับให้ GR479 นำกระแสในช่วงบวกของคลื่นซายน์ ทำให้พัลส์ฟลายแบ็กเข้าไปยังเบสของ TS444 ได้ (รูปที่ 4.10)

ในช่วงลบของซายน์ พัลส์เสริมกับรูปคลื่นซายน์ไปโผล่ที่ขั้วระดับศูนย์ขึ้นมาได้ทำให้ GR477 OFF พัลส์เข้าไม่ถึงเบสของ TS444 ด้วยเหตุนี้การกลับเฟสของฟลิปฟลอปจะตรงกับการกลับเฟสของเอาต์พุตของ T621 พอดี

4.5 การแก้ความผิดพลาดทางเฟส

เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ โดยหลีกเลี่ยงไม่เกี่ยวข้องกับเวกเตอร์ จึงขออธิบายซ้ำเกี่ยวกับการแก้เฟสผิดพลาดในระบบ PAL อีกครั้งหนึ่ง

1. ในกรณีที่เฟสของสัญญาณ โครมาถูกต้อง

ก. รูปที่ 4.13 เป็นบล็อกไคอะแกรมของวงจรโคเคอร์ PAL สัญญาณโครมารวม (combined chrominance signal) ที่ป้อนเข้าสู่อินพุตจุด A ของหน่วยคีเลกซ์ลาชน์มีลักษณะคลื่นคังรูปที่ 4.12(ก) เรียกว่าสัญญาณโครมาทางตรง (non delayed chrominance signal) สมมติว่าเส้นแรกเป็นเส้นคี (L1) เมื่อผ่านคีเลกซ์ลาชน์จะทำให้เวลาช้าลง 64 ไมโครวินาที แล้วจึงปรากฏที่เอาต์พุตจุด B ของคีเลกซ์ลาชน์ซึ่งไปพบกับเส้นที่สองคือเส้นคู่ (L2) ของสัญญาณโครมาทางตรงคังรูปที่ 4.12(ข) ทั้งคู่ต่างมาพบกันที่วงจรวกสัญญาณ (adder) จะเห็นได้ชัดเจนว่าสัญญาณ (R-Y) ที่มาทางตรงนั้นจะเกิดการหักล้างกับสัญญาณที่ถูกคีเลกซ์ (R-Y) โดยสิ้นเชิง คังรูปที่ 4.12(ข) แต่สัญญาณ (B-Y) ทั้งสองเส้นมีเฟสตรงกันจึงบวกกัน เอาต์พุตของวงจรวกสัญญาณจุด D คงเหลือแต่สัญญาณ (B-Y) เท่านั้น และมีขนาดเป็นสองเท่า คังรูปที่ 4.12(ค)

ข. ส่วนสัญญาณโครมาซึ่งปรากฏที่เอาต์พุตจุด C ของคีเลกซ์ลาชน์นั้น จะถูกกลับเฟส 180 องศาทั้งหมด คังรูปที่ 4.12(ง) ในทำนองเดียวกับข้อที่แล้ว เส้นแรกจะไปพบกับเส้นที่สองของสัญญาณตรงที่วงจรวกสัญญาณ (subtractor) เนื่องจากสัญญาณโครมา (R-Y) ทุกๆเส้นคู่ได้ถูกกลับมุม 180 องศาที่เอนโคเคอร์ในเครื่องส่ง จึงทำให้สัญญาณทั้งสองบวกกันได้เสมอ แต่สัญญาณโครมา (B-Y) กลับลบต่างกัน ฉะนั้นเอาต์พุตที่จุด C ของวงจรวกสัญญาณคงเหลือแต่สัญญาณ (R-Y) เท่านั้น และมีขนาดเป็นสองเท่า ดังแสดงในรูปที่ 4.12(จ)

2. ในกรณีที่เฟสของสัญญาณของสัญญาณโครมาเกิดผิดพลาด

ก. สมมติเส้นคีของสัญญาณโครมารวมเกิดมีเฟสเพี้ยน (K กับ K' ทำมุมกับแกน (B-Y) ไม่เท่ากัน) คังรูปที่ 4.13(ก) จะเห็นว่าขนาดของสัญญาณโครมา (R-Y) กลับลดต่ำลง จึงมีสีส้มผิดเพี้ยนไป ความเค้นของระบบ PAL คือ กลับเอาเฉพาะเฟสของสัญญาณสี (R-Y) ทุกๆเส้นคู่เป็น 180 องศา หรือ 270 องศาเทียบกับแกน (B-Y) ทำให้อัตราส่วนของสัญญาณโครมาของเส้นคี และเส้นคู่เป็นปฏิภาคต่อกันในขณะที่เกิดสีเพี้ยนคังต่อไปนี้

เส้นแรก (L1) ของสัญญาณโครมาจากเอาต์พุตจุด B ของคีเลกซ์ลาชน์ รูปที่ 4.13 (ข) จะพบกับเส้นที่สอง (L2) ของสัญญาณโครมาทางตรง รูปที่ 4.13(ก) ที่วงจรวกคลื่นที่ออกจากจุด D จะเป็นค่าเฉลี่ยที่มีขนาดสองเท่าของ (B-Y) รูปที่ 4.13(ค) อาจมีสัญญาณสี (R-Y) ผสมก้าง (cross talk) ปนเข้ามาบ้าง (ส่วนใหญ่มักไม่รบกวนกันชกวัน ในบางกรณี) อย่างไรก็ตามความผิดพลาดทางเฟส (phase error) ต้องไม่เกิน 25 องศา ระบบ PAL จึงสามารถแก้คืนให้ถูกต้องได้

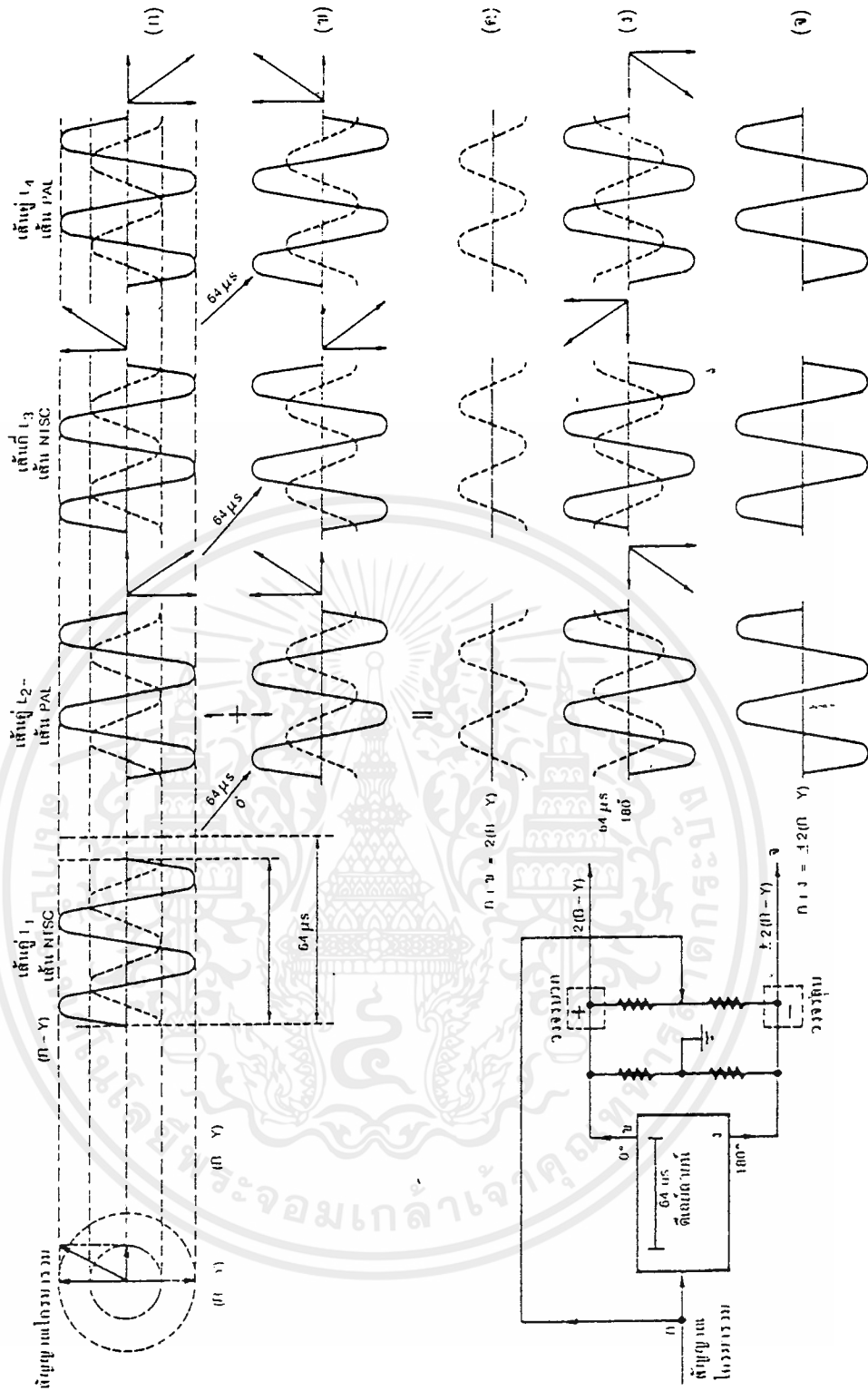
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เอาต์พุตจุด C ของคิเล็คลายน์มีลักษณะคลื่นเหมือนรูปที่ 4.13(ง) คือ มีเฟสตรงข้ามกับรูปที่ 4.13 เอาต์พุตจุด B เกิดจากการผสมของสัญญาณทางตรงกับสัญญาณหน่วงเวลาที่ถูกลดกับเฟสและจะมีขนาดเฉลี่ยสองเท่าของสัญญาณสี (R-Y) ดังรูปที่ 4.13 (จ) อาจมีสัญญาณสี (B-Y) แทรกแซงเข้ามาบ้าง ด้วยกรรมวิธีนี้โทรทัศน์ระบบ PAL จึงไม่ปรากฏสีเพี้ยน เพราะความผิดพลาดที่หลงเหลือจะไม่เกิน 5 องศา

สรุปได้ว่าวงจรคิเล็ค PAL มีบทบาทสำคัญคือ ทำการแก้ไขมุมผิดเพี้ยนของสัญญาณสี ให้อุณหภูมิตรงเสมอและแยกเอาสัญญาณสี (B-Y) และ (R-Y) ออกจากกันเพื่อป้อนไปให้แก่วงจรคิเล็คแต่ละชุด

จากรูปที่ 4.13(ค) และรูปที่ 4.13(จ) แสดงให้เห็นว่าคราบโคที่เฟสของสัญญาณสีเกิดการผิดเพี้ยนก็มีการแทรกแซงเกิดขึ้น ถ้าผิดมากเกินไปจะเป็นเหตุให้เกิดอาการสีหายบางทางราบ (venetian blinds หรือ hanover bar) ฉะนั้นเราจะต้องปรับให้ขนาดและเฟสของโครมา (delay amplitude control and delay phase control) ในวงจรคิเล็ค PAL ให้อุณหภูมิตรงเสียก่อน

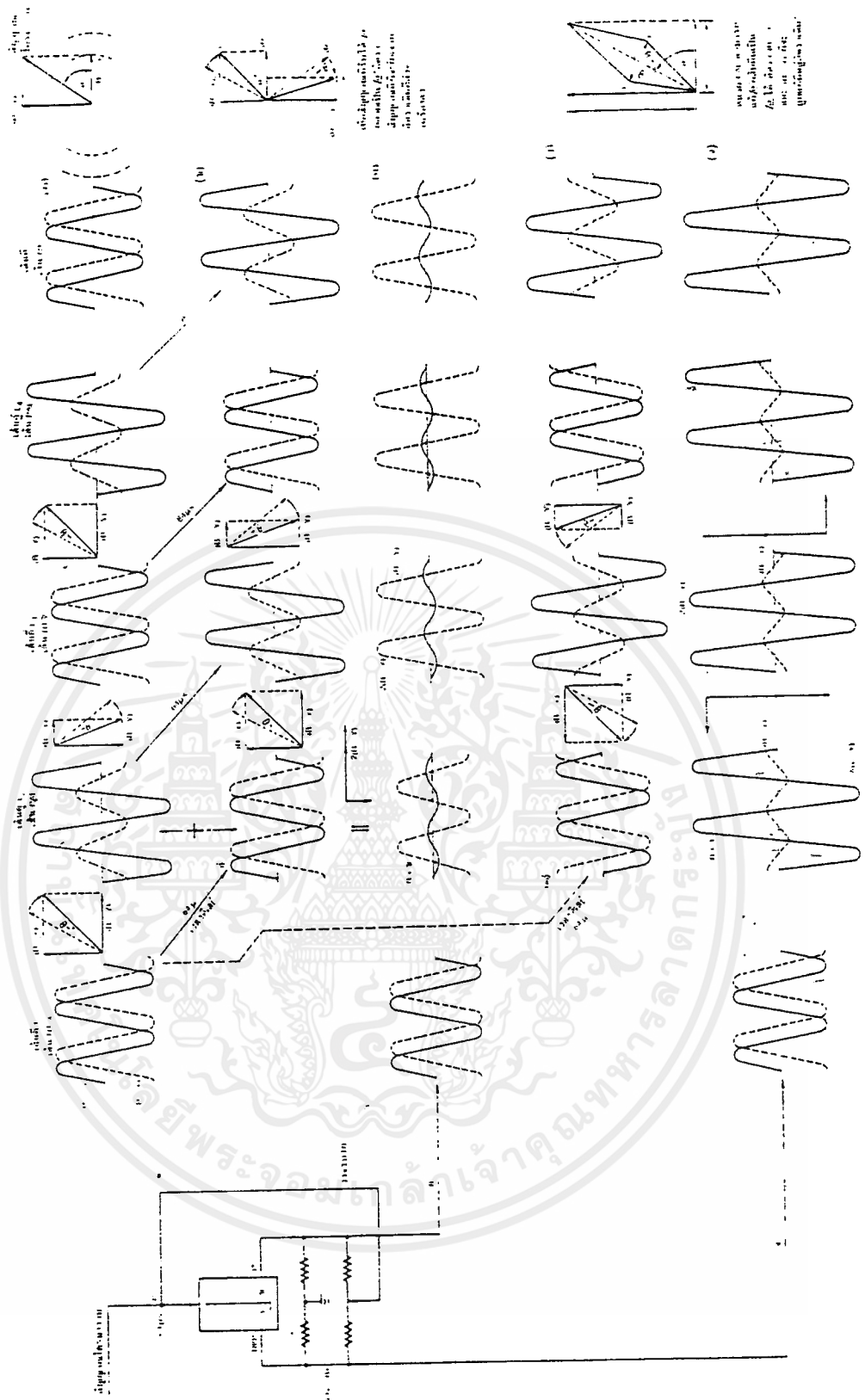




รูปที่ 4.12 แนวความคิดในการแก้ไขของระบบ PAL (ภาพที่แสดงเป็นกรณีที่มีเฟสถูกต้อง)

- (ก) สัญญาณที่จุด A (ข) สัญญาณที่จุด B (ค) สัญญาณที่จุด D ของวงจรผสมบวก
- (ง) สัญญาณที่จุด C (จ) สัญญาณที่จุด E ของวงจรผสมลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แนวความคิดการแก้เฟสของระบบ PAL (ภาพที่แสดงเป็นสถานะที่มีเฟสผิดพลาด)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5.

การออกแบบและการคำนวณ

จากความต้องการที่จะออกแบบให้โครงการนี้สามารถที่จะเก็บข้อมูลภาพให้ได้ความละเอียดและเชิงมุมที่เราต้องการจะต้องมีหลักการในการออกแบบและคำนวณ ในที่นี้จะเป็นการคำนวณซึ่งจะต้องคำนึงถึงขีดจำกัดต่าง ๆ ที่มีอยู่

ขีดจำกัดต่าง ๆ ที่จะต้องคิดถึง

1. ลักษณะของการมองของมนุษย์

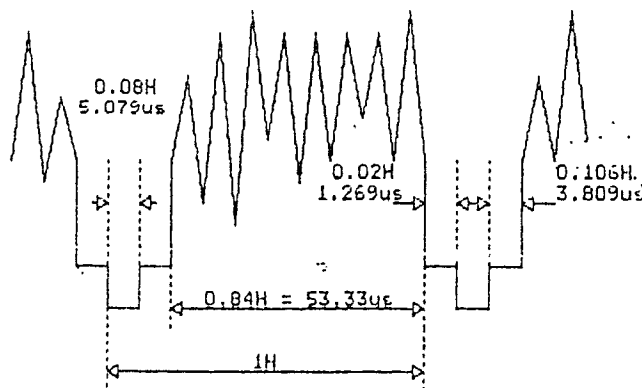
ลักษณะการมองของมนุษย์ในการมองรูปภาพต่าง ๆ โดยทั่ว ๆ ไป มนุษย์จะตอบสนองกับแสง (Light) , ความเข้มของแสง (Luminance) , การส่องสว่าง (Brightness) , ความแตกต่างของภาพ (Contrast) และการตอบสนองคือดี

ส่วนที่เรียกว่า retina ในดวงตาของมนุษย์จะประกอบด้วยเซลล์ที่รับรู้ 2 ประเภทด้วยกัน คือ rods cell และ cones cell เซลล์ rods จะมีจำนวนประมาณ 100 ล้านเซลล์มีรูปร่างยาวและห่อหุ้มจะมีการตอบสนองกับการรับรู้ของการส่องสว่างที่มีขนาดต่ำ ๆ ซึ่งจะเรียกว่า scotopic vision ส่วนเซลล์ cones จะมีจำนวนน้อยกว่า (ประมาณ 6.5 ล้าน) จะมีรูปร่างสั้นกว่าและแบน จะมีการตอบสนองที่มีสูงกว่า rods ซึ่งจะใช้ในมองในลักษณะที่เรียกว่า photopic vision ใช้ในการตอบสนองในเรื่องที่เกี่ยวกับสี

รูปแบบที่มนุษย์สามารถที่จะมองภาพในลักษณะที่คุ้นเคย โดยทั่ว ๆ ไป ลักษณะที่มนุษย์คุ้นเคยนั้นจะมีอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างเป็น 4 : 3 ดังนั้นภาพที่เราจะทำการเก็บก็ควรที่จะอยู่ในอัตราส่วนดังกล่าว

2. ลักษณะของสัญญาณที่ได้จากกล้องโทรทัศน์

สัญญาณที่ได้จากกล้องโทรทัศน์ซึ่งได้นำมาใช้งานจะเป็นสัญญาณจากกล้องในระบบมาตรฐานของ PAL ซึ่งเราสามารถที่จะวัดสัญญาณได้ออกมาดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบและการคำนวณ

1. เพื่อให้ได้จำนวนของ resolution มีความละเอียดสูงสุดก็ต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขที่เป็นขีดจำกัดและความยากง่ายในการออกแบบ ในการเลือกจำนวนของเส้นทางแนวนอนนั้นได้คำนึงจากมาตรฐานของระบบ PAL ซึ่งในระบบ PAL นั้นในแต่ละ field จะมีจำนวนเส้นเป็นจำนวน 312.5 เส้นและจะเป็นเส้นที่สามารถเห็นได้เป็นจำนวน 287.5 เส้น ในจำนวนเส้นที่มองเห็นนี้เราจะทำการเก็บเป็นข้อมูล 287 เส้น จำนวนครึ่งเส้นที่เห็นบนจอเราจะไม่ทำการเก็บเนื่องจากมีความยุ่งยากมากที่จะออกแบบวงจรให้มีการทำงานให้สามารถเก็บข้อมูลภาพอีกจำนวนครึ่งเส้นนั้น ดังนั้นเราจึงกำหนดลงไปได้ว่าเราจะทำการเก็บข้อมูลภาพเป็นจำนวน 574 เส้น (เก็บในลักษณะเป็น frame ซึ่ง 1 frame แบ่งออกเป็น 2 field ในแต่ละ field เก็บเป็นจำนวน 287 เส้น)

2. จากจำนวนเส้นภาพทางแนวนอนที่สามารถมองเห็นได้ 575 เส้น เมื่อคำนึงถึงอัตราส่วนของการมองของมนุษย์ก็สามารถคำนวณถึงจำนวนทางแนวตั้งได้เป็น $4 : 3 = x : 575$ ซึ่งจะได้จำนวน x เป็น 766 ดังนั้นจึงเลือกให้มีความเหมาะสมเป็น 768 เพื่อให้สะดวกต่อการออกแบบวงจร หากแต่ในการออกแบบโครงการนี้ก็ให้มีการออกแบบให้มีขนาดความละเอียดทางแนวตั้งเพิ่มอีก 2 ขนาดคือขนาด 574 และขนาด 512 เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานอื่น ๆ

3. จากการนำเอาคาบเวลาที่เกิดขึ้นของ Horizontal Scanline มาทำการคำนวณเพื่อหาค่าของความถี่ของ Oscillator ที่จะนำเอาไปใช้ในการ sampling จะทำการเลือกค่าคาบเวลาของ Horizontal Scanline เป็น 51.2 ไมโครวินาทีเพื่อเป็นการสะดวกต่อการปรับแต่งวงจร

ดังนั้นเมื่อต้องการ sampling เป็นจำนวน 768 ครั้งก็จะต้องมีคาบเวลาความถี่ Oscillator เป็น

$$51.2 \times 10^{-6} / 768 = 6.667 \times 10^{-8} \quad \text{ฉะนั้นจะมีความถี่เป็น } 1 / 6.667 \times 10^{-8} = 15 \text{ MHz}$$

เมื่อต้องการ sampling เป็นจำนวน 574 ครั้งก็จะต้องมีคาบเวลาความถี่ Oscillator เป็น

$$51.2 \times 10^{-6} / 574 = 8.91986 \times 10^{-8} \quad \text{ฉะนั้นจะมีความถี่เป็น } 1 / 8.91986 \times 10^{-8} = 11.210937 \text{ MHz}$$

เมื่อต้องการ sampling เป็นจำนวน 512 ครั้งก็จะต้องมีคาบเวลาความถี่ Oscillator เป็น

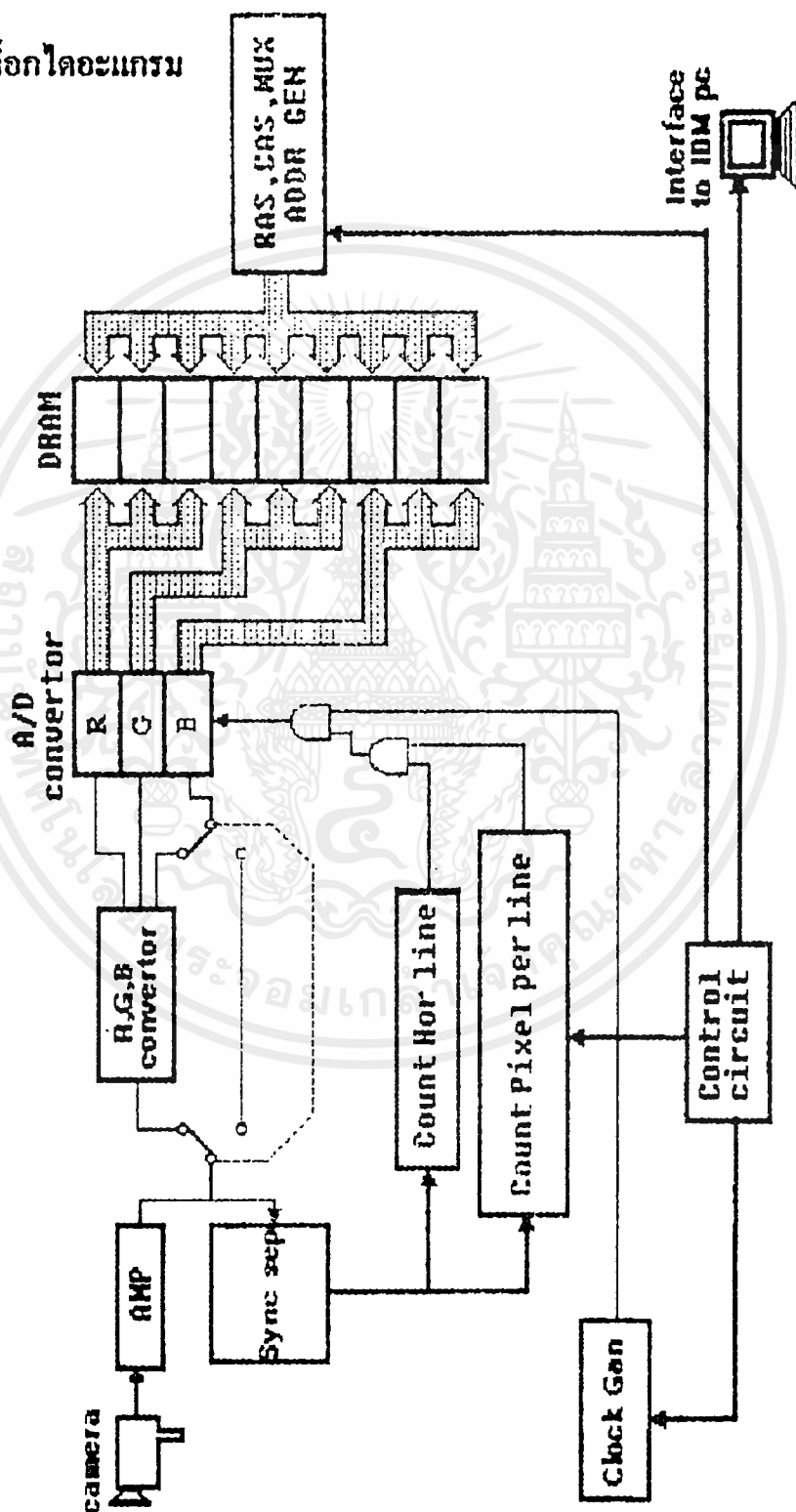
$$51.2 \times 10^{-6} / 512 = 1 \times 10^{-7} \quad \text{ฉะนั้นจะมีความถี่เป็น } 1 / 1 \times 10^{-7} = 10 \text{ MHz}$$

4. เมื่อใช้ความถี่ Oscillator ที่จะใช้ในการ sampling เมื่อพิจารณาที่ความละเอียดของภาพที่ 768×574 จะให้ความถี่ 15 MHz ซึ่งจะมีคาบเวลาเป็น 66.67 นาโนวินาที แต่ในโครงการนี้ได้ใช้หน่วยความจำชนิด Dynamic Ram ที่มี access time 70 ns จะใช้ช่วงเวลาในการอ่านเขียนเป็นเวลา 140 ns ขึ้นไป ดังนั้นจึงทำการออกแบบวงจรของหน่วยความจำ Dynamic Ram ให้เป็น page เป็นจำนวน 3 page เพื่อให้การอ่านเขียนข้อมูลมีเวลาที่เพียงพอ

บทที่ 6.
รายละเอียดการทำงาน

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการทำงานของวงจร

6.1 บล็อกไดอะแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
บล็อกไดอะแกรมของโครงงาน:
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและเครื่องหมายของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการในการทำงาน

ในระบบ PAL นั้น จะมีเส้นสแกนในแนวนอน HORIZONTAL SCAN LINE ทั้งหมด 625 เส้น ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 field ในแต่ละ field จะมีเส้นสแกนทางแนวนอน 312.5 เส้น ในจำนวนนี้ จะสามารถเห็นได้เพียง 287.5 เส้น เส้นที่มองไม่เห็น 25 เส้นจะเป็นช่วงของ VERTICAL BLANKING แต่การเก็บข้อมูลภาพในโครงการนี้ความละเอียดสูงสุดจะทำการเก็บโดยมีความละเอียด 574 เส้น x 768 จุด อีกครั้งเส้นจะไม่ทำการเก็บ (ในแต่ละ field) และโดยมาตรฐานโทรทัศน์ของระบบ PAL นั้น 1 เส้นสแกนทางแนวนอนจะมีคาบเวลา 64 ไมโครวินาที ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นช่วงของ HOR BLANK 12 ไมโครวินาที และ เป็นช่วงของสัญญาณภาพอีก 52

ไมโครวินาที จากข้อกำหนดของมาตรฐานในระบบ PAL ในการสร้างโครงการนี้จึงต้องมีการเก็บข้อมูลโดยภายใน 1 field จะต้องทำการเก็บเป็นจำนวน 287 เส้นสแกนทางแนวนอน ในแต่ละเส้นสแกนทางแนวนอนในช่วงที่เป็นสัญญาณภาพ 52 ไมโครวินาที ก็จะต้องทำการเก็บให้ได้ 768 จุด เพราะฉะนั้นจึงต้องสร้างวงจรที่จะตรวจสอบถึงช่วงเวลาที่ทำการเก็บสัญญาณภาพโดย

1. จะต้องสร้างวงจรที่จะคิดเลขสัญญาณต่าง ๆ ที่จำเป็นดังนี้

ก. สัญญาณ HOR SYNC

ข. สัญญาณ VER SYNC

ค. สัญญาณที่จะแสดงว่าเป็น ODD / EVEN FIELD

ซึ่งเราสามารถได้ IC ตัวเรีรูปร่าง LM 1881N

2. จากสัญญาณที่ได้ในข้อ 1. ก็จะต้องจำกัดขอบเขตของช่วงสัญญาณภาพที่จะทำการเก็บโดย

ก. ทำการตรวจสอบถึงว่าเป็นช่วงของสัญญาณภาพ 287 เส้นก็โดยการนำเอาสัญญาณ odd/even field มาผ่านวงจร MONOSTABLE ซึ่งจะทำการ delay ไปจนหมดช่วงของ ver blank ซึ่งจะนำเอาสัญญาณนี้ไปใช้ clear วงจรนับ 288 เมื่อสิ้นสุดการ clear แล้วเมื่อมีสัญญาณ hor sync เข้ามาก็จะเป็นการ init ให้วงจรมับ 288 ทำงาน เมื่อทำการนับไปจนจนครบ 288 ก็จะให้หยุดการทำงานแล้วก็จะเริ่มทำการตรวจสอบถึงช่วงที่จะทำการเก็บข้อมูลใหม่

ข. จากแต่ละเส้นสแกนทางแนวนอนที่จะทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากข้อ ก. ก็จะต้องทำการตรวจสอบว่าถึงช่วงของสัญญาณภาพที่จะทำการ sampling ซึ่งมีการทำงานคือ การนำเอาสัญญาณ hor sync มาผ่านวงจร MONOSTABLE ซึ่งจะทำการ delay ไปจนกระทั่งหมดช่วงของสัญญาณ hor blank โดยเราจะใช้สัญญาณนี้ไปทำการ clear วงจรนับ 768 เมื่อทำการ clear เสร็จก็จะทำให้วงจรมับ 768 เริ่มการทำงาน โดยจะใช้สัญญาณนาฬิกาความถี่ 15 MHz ป้อนเข้าไปสู่วงจร A to D และวงจรมับ 768 จะเป็นการควบคุมให้มีการ sampling สัญญาณภาพเป็นจำนวน 768 จุด เมื่อครบก็จะหยุดการทำงานแล้วก็จะทำการตรวจสอบถึงช่วงที่จะทำงานในช่วงต่อไป

3. ข้อมูลสัญญาณภาพที่ได้จากวงจร A to D ก็จะนำไปผ่านวงจร latch เพื่อคงข้อมูลเอาไว้ก่อนที่จะนำไปเก็บลงหน่วยความจำ ในโครงการนี้จะใช้หน่วยความจำประเภท dynamic ram ซึ่งก็จะเกิดปัญหาเนื่องจากการลบทิ้งของ DRAM คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนลิขสิทธิ์ในเอกสารนี้เพื่อคุ้มครองสิทธิในทรัพย์สินทางปัญญาที่เฉพาะเจาะจงของเจ้าของเอกสารนี้ ไม่สามารถเผยแพร่ หรือลอกเลียนแบบ หรือทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาต และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ช่วงเวลาที่จะต้องใช้ในการเขียนข้อมูล 1 คำแห่งนั้น ใ้เวลามากกว่า เวลาของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งเราจะทำการแก้ไขโดยการแบ่งหน่วยความจำออกเป็น 4 ส่วน โดยจะเป็น การนำเอาข้อมูลที่ได้จากวงจร latch ของ A to D มาผ่านวงจร latch ของแต่ละส่วนของหน่วยความจำ ของความสำคัญซึ่งก็จะเป็นการเพิ่มช่วงเวลาในการเขียนข้อมูลออกไป

ข. เนื่องจาก ในการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำจะต้องทำการสร้าง สัญญาณต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ สัญญาณ RAS , CAS , WE , MUX ในแต่ละชุดของหน่วยความจำ ซึ่ง สร้างได้จากการนำสัญญาณการกระตุ้นในแต่ละส่วนของหน่วยความจำมาเป็นสัญญาณ RAS และนำ เอาสัญญาณนี้ไปผ่านวงจร delay ที่เวลาต่าง ๆ ตามที่ได้จากข้อมูลของหน่วยความจำ DRAM ที่จะนำ มาใช้

ค. และเนื่องจากคุณสมบัติของหน่วยความจำ DRAM ก็คือจะต้องทำการ refresh 512 ครั้งภายในเวลา 8.2 มิลลิวินาที เราก็คงต้องสร้างวงจร refresh ขึ้นมาโดยเราจะใช้ช่วงเวลา ของ hor blanking และ ver blanking ในการ refresh ซึ่งเราได้คำนวณแล้วว่ามีความเพียงพอ

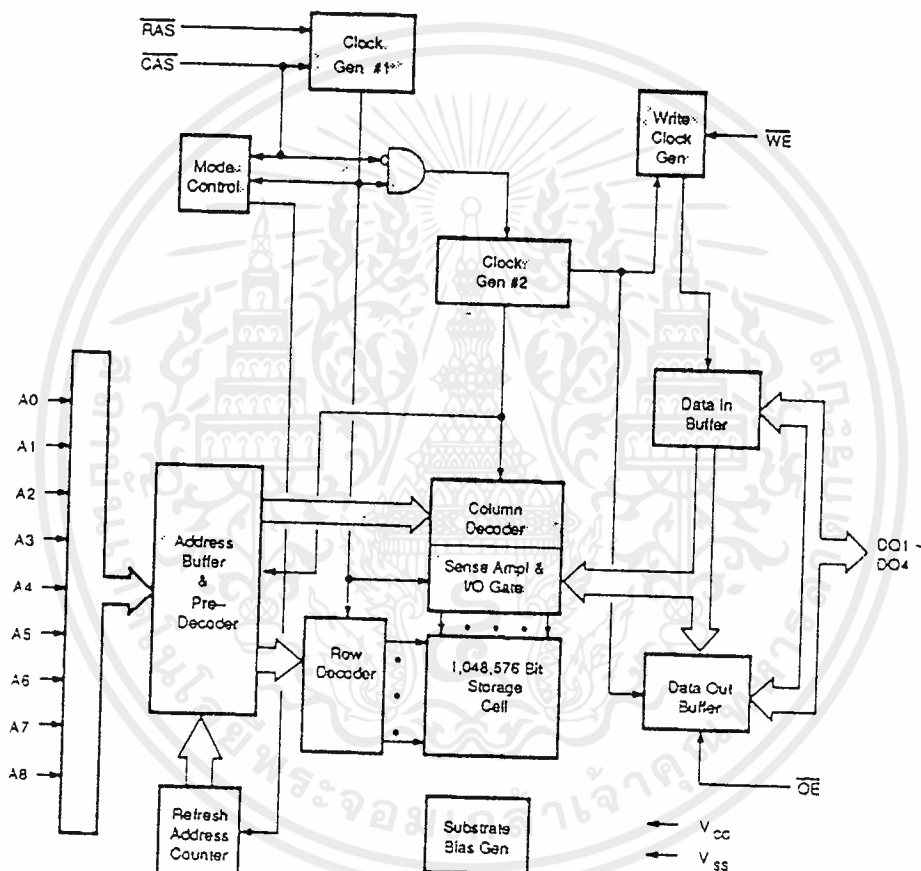
4. เมื่อต้องการจะทำการถ่ายเทข้อมูลจากโครงการเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ ก็จะต้อง มีการ Interface คือ เครื่องคอมพิวเตอร์จะต้องทำการส่งสัญญาณ protect เพื่อป้องกันการเขียนข้อมูลที่ ไม่ต้องการลงใน DRAM นำเอามาร่วมกับสัญญาณที่แสดงว่าจบ field (ver sync) แล้วนำเอาสัญญาณ ที่ได้ไปทำการควบคุมการเขียนข้อมูลลง DRAM คัดการทำงานของวงจร refresh ที่อยู่ในโครงการ ออกแล้วใช้การ refresh ที่ได้จาก pc แทน เสร็จแล้วก็จะเป็นการเข้าสู่ขั้นตอนในการส่งข้อมูลโดยใช้การ โดยจะเป็นการส่งข้อมูลออกเมื่อกมีการถ่ายครบก็จะทำการ save ข้อมูลลงใน disk ทำกระบวนการดังนี้ ไปจนครบแล้วก็จะหยุดกระบวนการแล้วก็จะส่งสัญญาณ ไปหยุดการ protect ก็จะเริ่มมีการเก็บข้อมูล ภาพลงหน่วยความจำได้อีก

5 จากข้อมูลใน disk ก็จะผ่านกระบวนการเรียงข้อมูลของสัญญาณภาพให้ถูกต้องเพื่อที่จะ นำเอาไปใช้ในการประมวลผลภาพต่อไป

การทำงานของ Dynamic RAM

ในโครงการจะใช้หน่วยความจำชนิด Dynamic RAM ที่มีลักษณะเป็น SIP RAM MODULE (Single Inline Package) ที่มีขนาด 256 kbyte x 9 bits ที่มีการใช้งานอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป ซึ่งภายใน RAM MODULE นี้จะประกอบด้วย MB81C4256-70 มีสถาปัตยกรรมแบบ CMOS มีความเร็วในการทำงานสูงและสามารถที่จะเก็บข้อมูลได้ 262144 byte x 4 bits เป็นจำนวน 2 ตัว ประกอบเข้ากับ MB81256-70 ซึ่งเป็น Dynamic RAM ที่มีขนาดความจุ 265144 byte x 1 bit ทำหน้าที่เป็น พาร์ติบิต แต่ในโครงการนี้จะ ไม่มีการใช้พาร์ติบิตจึงใช้งานเพียง 8 bits เท่านั้น

Fig. 1 - MB81C4256 DYNAMIC RAM - BLOCK DIAGRAM



จาก block diagram จะสังเกตเห็นว่ามีจำนวน address line เป็นจำนวน 9 เส้น มีจำนวน data bus ขนาด 4 bits ภายในตัวจะมี Mode Control , Clock Gen #1 , Clock Gen #2 , Refresh Address Counter , Write Clock Gen

ในการอ้าง address จะใช้สัญญาณ RAS (Row Address Strobe) เป็นสัญญาณในการ strobe Row Address และใช้สัญญาณ CAS (Column Address Strobe) เป็นสัญญาณในการ strobe Column Address ซึ่งสัญญาณการ strobe จะมีการทำงานในลักษณะแอสคิฟที่ขอบขาลง โดยต้องทำงานให้มีเวลาสัมพันธ์กับ Address ที่ต้องการที่จะปรากฏอยู่ที่ Address line ทั้งในการอ่านและการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโดยจะมีการใช้สัญญาณที่นำมาประกอบคือ WE , OE ไม่ว่าการมีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WE เป็นสัญญาณที่ควบคุมการอ่านหรือการเขียนข้อมูล หากมีค่าลอจิกเป็น 1 ก็จะเป็นการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ และหากมีค่าลอจิกเป็น 0 ก็จะเป็นการเขียนข้อมูลลงไปหน่วยความจำ

OE เป็นสัญญาณที่ควบคุม Data Out Buffer ของหน่วยความจำ ซึ่งในขณะที่ทำการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำจะต้องทำให้มีลอจิกเป็น 1 และในขณะที่ทำการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำก็จะต้องทำให้มีลอจิกเป็น 0

การ Refresh หน่วยความจำ Dynamic RAM MB81C4256-70

เนื่องจากลักษณะโครงสร้างของหน่วยความจำแบบ Dynamic RAM จะเป็นลักษณะของ Storage Cell ซึ่งมีลักษณะของ cell ที่เก็บข้อมูลโดยมีตัวเก็บประจุทำหน้าที่จ่ายพลังงานเลี้ยง ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเติมประจุให้แก่ตัวเก็บประจุเหล่านี้ทั้งหมดภายในช่วงเวลาที่กำหนดเพื่อเป็นการรักษาข้อมูลไว้

หน่วยความจำ Dynamic RAM MB81C4256-70 ได้กำหนดจำนวนของการ REFRESH ไว้คือ จะต้องทำการ REFRESH เป็นจำนวน 512 ครั้งภายในเวลา 8.2 มิลลิวินาทีซึ่งจะรักษาข้อมูลไว้ได้

ในการ Refresh หน่วยความจำ Dynamic RAM สามารถที่จะดำเนินการได้ในหลาย ๆ รูปแบบที่จะนำมากล่าวในที่นี้มีอยู่ 2 ลักษณะคือ RAS-ONLY REFRESH (WE = OE = "H" or "L") และ CAS-BEFORE-RAS REFRESH (ADDRESS = WE = OE = "H" or "L") ในการเลือกลักษณะของการ Refresh จะทำได้โดยการควบคุมของสัญญาณ RAS และ CAS เมื่อเกิดสัญญาณเหล่านี้ขึ้นภายในตัว Dynamic RAM MB81C4256-70 ก็จะใช้สัญญาณที่เกิดขึ้นไปตีความหมายว่าจะเป็นการทำงานในลักษณะอย่างไร

การ Refresh หน่วยความจำ Dynamic RAM ในลักษณะ RAS-ONLY REFRESH (WE = OE = "H" or "L") จะมีการทำงานโดยใช้สัญญาณ RAS เท่านั้นในการควบคุม ในการทำงานในลักษณะนี้จะต้องมี Hardware ที่ประกอบคือ จะต้องมีการสร้าง ROW ADDRESS เพื่อป้อนเข้าไปเป็น ADDRESS ที่จะนำเขาไปเลือกตำแหน่งที่จะทำการ REFRESH โดยทั่ว ๆ ไปก็จะเป็นวงจร counter ที่จะต้องนับไปเรื่อย ๆ ตามจังหวะของการ REFRESH หากจะใช้การ REFRESH ในลักษณะแบบนี้สิ่งที่ต้องทำก็คือ

1. จะต้องให้ขาสัญญาณ WE และ OE ทั้ง 2 ขาเป็นลอจิก "H" หรือเป็นลอจิก "L" ให้เหมือนกันเสียก่อน

2. ทำให้ขาสัญญาณ CAS เป็นลอจิก "H"

3. ทำการป้อน ROW ADDRESS เข้าไปที่ขา ADDRESS LINE ทั้ง 9 ขา (วงจร COUNTER ที่จะทำการสร้างจะต้องนับเป็นจำนวน 512)

4. ทำการป้อนสัญญาณ RAS ให้เกิดการแอสคิฟ ก็จะเกิดการ REFRESH ขึ้นที่ตำแหน่งที่ ROW ADDRESS อยู่นั้น

5. ทำการเพิ่มค่าของวงจร COUNTER เพื่อรอที่จะนำไปใช้ในครั้งต่อไปของการ REFRESH

การ Refresh หน่วยความจำ Dynamic RAM ในลักษณะ CAS-BEFORE-RAS REFRESH (ADDRESS = WE = OE = "H" or "L") จะมีการทำงานได้โดยการใช้ทั้งสัญญาณ RAS และ CAS ในการควบคุมการทำงาน โดย Mode Control จะทำการตีความหมายว่าจะเป็นการ REFRESH ได้เมื่อเกิดสัญญาณ CAS ขึ้นก่อนที่จะเกิดสัญญาณ RAS ภายในช่วงเวลาที่เหมาะสม การทำงานในลักษณะนี้ จะเป็นการอาศัยลักษณะคุณสมบัติภายในของ Dynamic RAM MB81C4256-70 คือจะอาศัย Refresh Address Counter ที่อยู่ภายในทำการสร้าง ROW ADDRESS ที่จะนำเอาไปใช้งานทำให้เราไม่จำเป็นต้องสร้างวงจร Counter เพิ่มขึ้นมา การ REFRESH ในลักษณะแบบนี้สิ่งที่ต้องทำก็คือ

1. จะต้องให้ขาสัญญาณ WE และ OE ทั้ง 2 ขนเป็นลอจิก "H" หรือเป็นลอจิก "L" ให้เหมือนกันเสียก่อน
 2. ทำให้ขาสัญญาณ CAS เกิดการแอกตีฟ
 3. อาจจะมีการ delay หรือไม่ต้อง delay ก็ได้หากต้องการความรวดเร็วในการทำงาน แล้วจึงทำให้ขาสัญญาณ CAS เกิดการแอกตีฟ
 4. เมื่อทำการป้อนสัญญาณเหล่านี้แล้วก็จะเกิดการ REFRESH ขึ้น และเมื่อสิ้นสุดการ REFRESH แล้ว Refresh Address Counter ที่อยู่ภายใน Dynamic RAM MB81C4256-70 ก็จะเป็นค่าตัวของพ็อรตที่จะนำไปใช้ในการ REFRESH ในครั้งต่อไป
- ในโครงการนี้ก็จะเป็นการใช้การ REFRESH ในลักษณะตามวิธีนี้

การอินเทอร์เฟซโครงการเข้ากับ IBM PC/AT

อุปกรณ์ I/O ที่ต้องการติดต่อโดยตรงกับระบบบัสของ IBM PC/AT ซึ่งการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์โดยตรงกับระบบบัสของคอมพิวเตอร์จะเป็นการเพิ่มความสามารถในการติดต่อและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของอุปกรณ์ I/O ที่ติดต่อกับผู้ใช้ยิ่งขึ้น

รายละเอียดของสัญญาณต่าง ๆ บนสต็อก

(I) , (O) , (I/O) หมายถึง ทิศทางของสัญญาณเมื่อเทียบกับเมนบอร์ด

โดยที่ (I) หมายถึง ขาสัญญาณอินพุต

(O) หมายถึง ขาสัญญาณเอาต์พุต

(I/O) หมายถึง ขาสัญญาณที่เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต

(*I/O) หมายถึง ในช่วงการทำงานปกติจะเป็นขาสัญญาณเอาต์พุต แต่จะเป็นอินพุต

ในช่วงที่เกิดขบวนการ DMA

สำหรับขาสัญญาณที่มีเครื่องหมายบ่งชี้หน้าจะหมายถึง ขาสัญญาณที่แอกติฟที่ลอจิก " 0 " และขาสัญญาณที่ไม่มีเครื่องหมายบ่งชี้หน้าหรือมีเครื่องหมายบ่งชี้หน้าจะหมายถึง ขาสัญญาณที่แอกติฟที่ลอจิก " 1 "

สัญญาณที่ต่ออยู่บนสต็อกนี้สามารถจับไอซีทีที่แอนาล็อกไลน์พาวเวอร์ได้สองตัว โดยไม่ทำให้เกิดการไหลหรือการเพี้ยนของสัญญาณ ขาสัญญาณต่าง ๆ บนสต็อกของ AT สามารถที่จะแบ่งออกเป็นกลุ่ม ๆ ได้ดังนี้

เทร็นวอร์รัพพิทตาส

Ground	ขาสัญญาณนี้ต่ออยู่กับกราวด์ของระบบคอมพิวเตอร์
+ 5 V	ขาสัญญาณนี้ต่ออยู่กับไฟ DC เรกูเลเตอร์ + 5 V
- 5 V	ขาสัญญาณนี้ต่ออยู่กับไฟ DC เรกูเลเตอร์ - 5 V
+12 V	ขาสัญญาณนี้ต่ออยู่กับไฟ DC เรกูเลเตอร์ + 12 V
-12 V	ขาสัญญาณนี้ต่ออยู่กับไฟ DC เรกูเลเตอร์ - 12 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอสคริปต์ และ สัญญาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

- SA0 - SA19 เป็นแอสคริปต์ที่ 0 ถึง 19 โดยที่ SA0 มีนัยสำคัญค่าที่สุด ขาสัญญานี้จะ
(I) แอสคริปต์เมื่อขาสัญญา BALE มีสถานะเป็น " 1 " และจะถูกแอสคริปต์ไวคอน
ขอบเขตของสัญญา BALE แอสคริปต์ทั้ง 20 บิตนี้สามารถอ้างหน่วย
ความจำได้ถึง 1 เมกกะไบต์สำหรับ XT และสำหรับ AT เมื่อใช้ร่วมกับ
LA17-LA23 จะอ้างได้ถึง 16 เมกกะไบต์
- LA17-LA23 (เฉพาะรุ่น AT) ขาสัญญานี้จะแอสคริปต์เมื่อขาสัญญา BALE มีสถานะ
(*I/O) เป็น " 1 " แต่จะไม่มีการแอสคริปต์ไวคอนขอบเขตของสัญญา BALE
ดังนั้นถ้าอุปกรณ์ I/O ไม่มีการอ้างแอสคริปต์ 1 เมกกะไบต์ ขาสัญญา
นี้ก็ไม่น่าจำเป็นต้องใช้ แต่ดำเนินการอ้างแอสคริปต์ 1 เมกกะไบต์ อุปกรณ์ I/O
จะต้องใช้ขอบเขตของขาสัญญา BALE ร่วมกับขาสัญญา -MEMW และ
-MEMR
- AEN (Address Enable) ขาสัญญานี้จะแอสคริปต์เมื่อตัวควบคุม DMA ได้ทำการ
(O) ควบคุมบัสต่าง ๆ ของระบบแล้ว ดังนั้นการอ้างพอร์คของอุปกรณ์ I/O
จะต้องใช้สัญญานี้ในการคิดค่า เพื่อที่จะทำไม่ให้เกิดการติดต่อบหว่าง
ระบบกับอุปกรณ์ I/O ตัวอื่นจนกว่าที่คำสั่งทำขบวนการ DMA อยู่
- BALE (Address Latch Enable) ขาสัญญานี้ใช้ในการแสดงการเริ่มต้นของ
(O) ขบวนการต่าง ๆ ที่มีการติดต่อกับหน่วยความจำ โดยจะแอสคริปต์เมื่อแอสคริปต์
ที่ CPU คือการติดต่อกับหน่วยแอสคริปต์เรียบร้อยแล้ว ตามปกติ
ขอบเขตของสัญญานี้จะทำให้เกิดการแอสคริปต์สัญญา SA0-SA19
และดำเนินการอ้างแอสคริปต์ 1 เมกกะไบต์ ใน AT จะใช้ขอบเขตของ
สัญญานี้ใน การแอสคริปต์สัญญา LA17-LA23 ด้วยเช่นกันแต่สำหรับใน
ขบวนการ DMA สัญญาจะมีสถานะเป็น " 1 " ตลอด
- SBHE (เฉพาะรุ่น AT) (Bus High Enable) เป็นขาสัญญาที่ใช้แสดงว่ามีการ
(*I/O) รับส่งข้อมูลในบิตที่ SD8 - SD15
- คำสั่งบัส
- SD0-SD7 สำหรับ AT จะมี SD0-SD15 เพิ่มขึ้นมาด้วยคือ คำสั่งบิต 0 ถึง 7 สำหรับ XT
(I/O) และสำหรับ AT คือ คำสั่งบิต 0 ถึง 15 โดยที่ SD0 มีนัยสำหรับคำสั่ง
สำหรับ AT ถ้ามีการติดต่อกับบิตที่ SD8-SD15 สามารถตรวจสอบได้จาก
ขาสัญญา SBHE

สัญญาณอินเทอร์รัพต์

IRQ2-IRQ7 (Interrupt Request) (สำหรับ AT จะเป็น IRQ3-7 , 9-12 , 14 , 15)
 (I) เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพต์ CPU สำหรับ AT ลำดับความสำคัญของ
 สัญญาณ IRQ เป็นดังนี้คือ 9 , 10 , 11 , 12 , 14 , 15 , 3 , 4 , 5 , 6 และ 7
 โดย IRQ9 มีลำดับความสำคัญมากที่สุดและ IRQ7 มีลำดับความสำคัญน้อย
 ที่สุด สำหรับ XT IRQ2 จะมีลำดับความสำคัญมากที่สุด รอง ๆ ลง ไปคือ
 IRQ3 , 4 , 5 , 6 , 7

โดยปกติสัญญาณนี้จะมีสถานะเป็น 0 เสมอ ถ้าต้องการอินเทอร์รัพต์
 CPU ก็ให้ส่งพัลส์ที่เป็นตรรกะ 1 ให้กับมัน โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงคาบ
 เวลาของพัลส์ทั้งนี้เพราะระบบของ IBM ตัวอินเทอร์รัพต์คอนโทรลเลอร์
 (8259 Interrupt Controller) จะถูกโปรแกรมให้ทำการตรวจสอบสัญญาณ
 อินเทอร์รัพต์โดยใช้ขอบขาของสัญญาณนี้

-I/O CH CK (I/O Channel Check) เป็นขาสัญญาณที่บ่งชี้ถึงความผิดพลาดในการ
 (I) รับส่งข้อมูลซึ่งตรวจสอบจากพาราคีบิต ถ้าพาราคีบิตที่อ่านจากหน่วยความ
 จำกับพาราคีบิตที่สร้างขึ้นจากขบวนการรับส่งข้อมูลมีค่าไม่เท่ากันแสดงว่าเกิด
 ความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล สัญญาณนี้จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัพต์
 CPU แบบ NMI เพื่อบอกให้ CPU ทราบว่าเกิด Parity Error ขึ้น CPU จะ
 แสดงข้อความบอกความผิดพลาดขึ้นและจะหยุดการทำงาน (Halt) เพื่อให้
 ผู้ใช้ตรวจสอบหาสาเหตุของความผิดพลาด

สัญญาณที่ใช้ในขบวนการ DMA

- DRQ1-DRQ3 (DMA Request) (สำหรับ AT จะเป็น DRQ0-3,5-7) เป็นขาสัญญาณใช้
- (I) ในการขอทำขบวนการ DMA โดยที่ DRQ0 มีลำดับความสำคัญมากที่สุด และ DRQ3 มีลำดับความสำคัญน้อยที่สุดสำหรับ XT และสำหรับ AT ขา DRQ7 จะมีลำดับความสำคัญน้อยที่สุด
- บน XT DRQ0 ใช้สำหรับการรีเฟรชหน่วยความจำแบบไดนามิกจึงไม่มีขาสัญญาณ DRQ0 ค่อยออกมาที่สต็อก แต่สำหรับ AT จะมีวงจรโดยเฉพาะสำหรับใช้ในการรีเฟรชหน่วยความจำแบบไดนามิกอยู่แล้วดังนั้นขา DRQ0 จึงว่างและนำมาต่อที่สต็อกเพื่อให้อุปกรณ์ I/O ได้ใช้งานได้ บางครั้งอาจจะเรียก DRQ0 เป็น DRQ4 ก็ได้เพื่อป้องกันความสับสนกับส่วนที่ใช้รีเฟรชไดนามิกบน XT (เช่นเดียวกับ ก็จะเรียก DACK0 เป็น DACK4)
- การขอทำ DMA ทำได้โดยทำให้ขาสัญญาณนี้มีสถานะเป็น " 1 " แล้วรอจนกระทั่งได้รับการตอบสนองการทำ DMA จาก CPU โดยการตรวจสอบสัญญาณ DACK ที่ส่งออกมา
- DACK0-3 (DMA Acknowledge) (สำหรับ AT จะเป็น -DACK0-3,5-7) เป็นสัญญาณ
- (O) ตอบสนองการขอทำ DMA ของอุปกรณ์ I/O เพื่อให้อุปกรณ์ I/O ทราบว่าการขอทำขบวนการ DMA นั้นได้รับการตอบสนองแล้ว เช่น ถ้ามีการขอทำ DMA ผ่านทาง DRQ@ และเมื่อ CPU รับรู้แล้วจะทำให้สัญญาณ DACK2 แอคทีฟ
- ถึงแม้ว่าบน XT จะมีการนำเอา DRQ0 ไปใช้ในการรีเฟรชไดนามิกบนก็ตามแต่สัญญาณ -DACK0 ก็จะถูกส่งออกมาที่สต็อกด้วยเพื่อแสดงถึงขบวนการรีเฟรชไดนามิกและอุปกรณ์ I/O ก็สามารถนำเอาสัญญาณนี้ไปใช้ในการรีเฟรชหน่วยความจำแบบไดนามิกที่มีอยู่ในตัวมันเองได้
- Refresh (เฉพาะรุ่น AT) (Memory Refresh) มีหน้าที่เหมือนกับขาสัญญาณ
- (O) DACK0 ใน XT คือ ใช้ในการแสดงขบวนการรีเฟรชหน่วยความจำ เพราะว่าใน AT จะมีวงจรที่ใช้ในการรีเฟรชหน่วยความจำโดยตรงอยู่แล้ว ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้ขาสัญญาณ DRQ0 และ DACK0

- Master (เฉพาะรุ่น AT) (Master) ขาสัญญาณนี้จะใช้ร่วมกับ DMA Request
- (I) ในการเข้าควบคุมระบบบัสในขบวนการ DMA โดยที่ตัว DMA Controller จะส่งสัญญาณ DMA Request แล้วรอจนกระทั่งได้รับการตอบสนองโดยสัญญาณ DACK เกิดแอกติฟขึ้น แล้วจึงจะส่งสัญญาณนี้ให้กับ CPU จะทำให้แอกเคอเรทบัส คาล์วส และ คอนโทรลลิ่งบัส เข้าสู่สถานะไครตลอค หรือ ไซอิมพีแคนซ์ หลังจากนั้นตัว DMA Controller จะต้องรออีกหนึ่งคาบสัญญาณคล็อกก่อนที่จะเข้าควบคุมบัสต่าง ๆ และจะต้องรออีก 2 ไนทิลก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล ช่วงเวลาที่สัญญาณนี้แอกติฟไม่ควรเกิน 15 ไมโครวินาที มิฉะนั้นข้อมูลภายในหน่วยความจำจะสูญหายไป เนื่องจากขาดสัญญาณรีเฟรชหน่วยความจำ
- T/C (Terminal Count) เป็นขาสัญญาณที่บอกอุปกรณ์ I/O ที่ทำ DMA
- (O) ให้ทราบว่าจำนวนข้อมูลที่ได้รับส่งในขบวนการ DMA นี้ครบจำนวนแล้ว โดยจะส่งสัญญาณนี้เป็นพัลส์ให้กับอุปกรณ์ I/O
- สัญญาณควบคุมต่าง ๆ
- MEMR (Memory Read) (สำหรับ AT คือ ขาสัญญาณ -SMEMR (System Memory Read)) ขานี้จะเป็นตัวบอกให้หน่วยความจำส่งข้อมูลออกมาที่ คาล์วบัส แต่สำหรับ AT สัญญาณ -SMEMR จะแอกติฟเมื่อเกิดการอ่านข้อมูลที่อยู่ใน 1 เมกกะไบต์แรกเท่านั้น
- MEMR (เฉพาะ AT) (Memory Read) ขาสัญญาณนี้ไม่ใช่สัญญาณเคิวกันกับสัญญาณ -MEMR ใน XT มันจะแอกติฟในทุก ๆ ขบวนการอ่านข้อมูลที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะอยู่ในช่วง 1 เมกกะไบต์แรกหรือไม่
- (O)
- MEMW (Memory Write) (สำหรับ AT คือ ขาสัญญาณ -SMEMR (System Memory Write)) ขานี้จะเป็นตัวบอกให้หน่วยความจำเก็บข้อมูลจาก คาล์วบัส แต่สำหรับ AT สัญญาณ -SMEMR จะแอกติฟเมื่อเกิดการเก็บข้อมูลจากหน่วยความจำที่อยู่ในช่วง 1 เมกกะไบต์แรกเท่านั้น
- MEMW (เฉพาะ AT) (Memory Write) ขาสัญญาณนี้ไม่ใช่สัญญาณเคิวกันกับสัญญาณ -MEMW ใน XT มันจะแอกติฟในทุก ๆ ขบวนการเก็บข้อมูลที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะอยู่ในช่วง 1 เมกกะไบต์แรกหรือไม่
- (O)
- IOR (I/O Read) เป็นขาสัญญาณที่บอกให้อุปกรณ์ I/O ที่ค่ออยู่ทำการส่งข้อมูลลงมาที่คาล์วบัส
- (O)
- IOW (I/O Write) เป็นขาสัญญาณที่บอกให้อุปกรณ์ I/O ที่ค่ออยู่ทำการเก็บข้อมูลจากคาล์วบัสเข้าไป
- (O)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- RESET DRV (Reset Driver) เป็นขาสัญญาณที่แอกทิฟคอนช่วงที่เรารับคันจ่ายไฟให้
(O) กับระบบเพื่อใช้ในการรีเซต CPU และ อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบคอมพิวเตอร์
รวมทั้งอุปกรณ์ I/O ที่ต่ออยู่ด้วย
- MEM CS16 (เฉพาะ AT) (Memory 16 Chip Select) เป็นขาสัญญาณที่บอกให้ทราบ
(I) ว่าต้องการรับส่งข้อมูลกับหน่วยความจำที่ละ 16 บิต ถ้าไม่มีการป้อน
สัญญาณนี้ การรับส่งข้อมูลจะเหมือนกับ XT คือ ทำการรับส่งข้อมูล
ทีละ 8 บิต สองครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลขนาด 16 บิต
- I/O CS16 (เฉพาะ AT) (I/O 16 Chip Select) เป็นขาสัญญาณที่บอกให้ทราบ
(I) ว่าต้องการรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ I/O ทีละ 16 บิต ถ้าไม่มีการป้อน
สัญญาณนี้ การรับส่งข้อมูลจะเหมือนกับ XT คือ ทำการรับส่งข้อมูล
ทีละ 8 บิต สองครั้งเพื่อให้ได้ข้อมูลขนาด 16 บิต

สัญญาณที่ใช้สร้าง Wait States

- I/O CH RDY (I/O Channel Ready) ขาสัญญาณนี้จะถูกทำให้แอกทิฟโดยอุปกรณ์ I/O
(I) หรือหน่วยความจำที่ไม่สามารถทำงานได้ทันกับระบบ ดังนั้นจะต้องทำการ
หน่วงระบบให้ทำงานช้าลงด้วยการเพิ่ม Wait States โดยการทำให้สัญญาณ
นี้แอกทิฟในช่วงเวลาที่ I/O ได้รับสัญญาณจากการตีไค์นแอกครต , สัญญาณ
-MEMR , สัญญาณ -MEMW , สัญญาณ -IOR , สัญญาณ -IOW
- OWS (เฉพาะ AT) (Zero Wait States) การแอกทิฟของขาสัญญาณนี้จะบังคับ
(I) ไม่ให้เกิดการสร้าง Wait States โดยอัตโนมัติ นั่นคือ การที่จะเกิด Wait
States ขึ้นได้จะต้องขึ้นอยู่กับสัญญาณนี้ เช่น การทำงานในขบวนการอ่าน
เขียนข้อมูลขนาด 16 บิต โดยไม่ใช้ Wait States ทำได้โดยการสร้างสัญญาณ
OWS จากสัญญาณการตีไค์นแอกครต และสัญญาณที่ใช้ในการอ่าน หรือ
การเขียนหรือการตก Wait States ในขบวนการอ่านเขียนข้อมูลขนาด 8 บิต
ให้เหลือเพียง 2 Wait States ทำได้โดยให้สัญญาณ OWS แอกทิฟหลังจาก
สัญญาณอ่านหรือเขียนไปแล้ว 1 คล็อก โดยปกติการจับสัญญาณนี้ควรใช้
เกตที่มีอาร์ทิวคเป็นแบบ Open Collector ที่ทนกระแสได้ 20 mA (Sinking
Current)

สัญญาณนาฬิกา

- CLK (System Clock) สำหรับ XT ขาสัญญาณนี้จะมีค่าประมาณ 4.77 MHz
 (O) หรืออาจจะสูงกว่านี้ก็ได้สำหรับรุ่นใหม่ และสำหรับ AT จะมีค่าประมาณ 6 MHz หรือในรุ่นใหม่ ๆ อาจจะมีค่าสูงถึง 15 MHz , 25 MHz โคอปรกติ ขาสัญญาณนี้มีควิต์ไทม์คิด 50 % สำหรับ CPU 80286 ตัวกำหนดสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้จะมีค่าเป็น 2 เท่าของค่าที่ CPU ทำงาน แต่ขาสัญญาณนี้จะคงมีค่าเท่ากับค่าที่ CPU ทำงานอยู่เสมอ
- OSC (Oscillator) เป็นขาสัญญาณที่มีค่าสูงคือ 14.31818 MHz ค่าของสัญญาณนี้จะคงที่เสมอและจะไม่อิงโครนัมกับสัญญาณอื่น ๆ ในระบบ ดังนั้นจึงไม่ควรนำสัญญาณนี้ไปใช้เป็นสัญญาณคล็อกของอุปกรณ์ I/O ที่ต่ออยู่กับระบบ

จากขาสัญญาณต่าง ๆ ที่อยู่บนสต็อกของเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC/AT เมื่อจะทำการเชื่อมต่อกับโครงการขึ้นก็จะต้องมีการเลือกขาสัญญาณที่จะนำมาใช้งาน , ใช้ในการอ้างแอดเดรสของพอร์ต และใช้ในการควบคุมการทำงานร่วมกับโครงการ

จากขาสัญญาณที่มีอยู่บนสต็อก ความข้อกำหนดของเครื่องนั้นแต่ละสัญญาณบนสต็อกที่จะนำมาใช้งานสามารถที่จะนำเอาไปต่อเข้ากับไอซีทีทีแอล ชนิด ไตรัสทวารร์ ๓ ๓ ๓ (TIL LS) ได้เพียง 2 อินพุตเท่านั้น ในการนำเอาสัญญาณเหล่านี้ไปใช้ก็จะต้องมีการ repower เสียก่อน ซึ่งทำได้โดยใช้อิซีทีทีแอล ประเภท line driver มาทำการ repower

จากข้อกำหนดของเครื่องคอมพิวเตอร์ IBM PC/AT ได้กำหนดพอร์ตที่เราจะสามารถที่จะเลือกตำแหน่งได้คือได้อยู่ในช่วงแอดเดรส 300H - 31FH หากเราพิจารณาถึงตำแหน่งแอดเดรสที่จะนำเอาไปใช้ในการตีโค้ดก็จะได้เป็นดังนี้

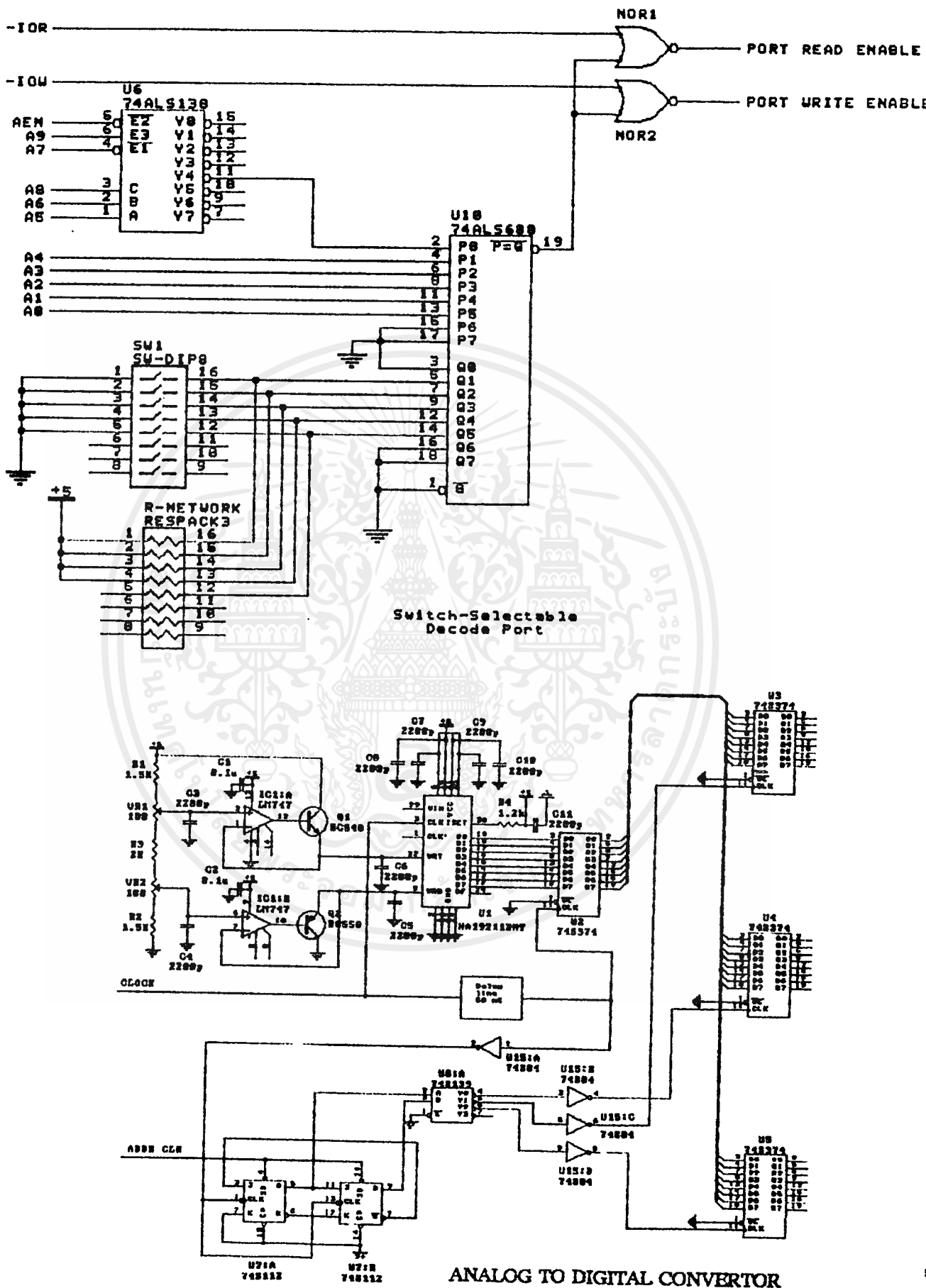
I/O BECODE

	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
(HEX) 300H	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
(HEX) 31FH	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1
DECODE RANGE	1	1	0	0	0	X	X	X	X	X

และเนื่องจากแอดเดรสของพอร์ตเหล่านี้อาจจะถูกใช้ไปในอุปกรณ์ I/O อื่น ๆ ดังเช่น Printer port , Series port ซึ่งในแต่ละเครื่องอาจจะมีตำแหน่งแอดเดรสต่าง ๆ กัน ดังนั้นจึงควรออกแบบให้สามารถที่จะเลือกตำแหน่งแอดเดรสพอร์ตที่สามารถที่จะเปลี่ยนตำแหน่งได้เพื่อไม่ให้ไปทับซ้อนกันกับตำแหน่งพอร์ตของอุปกรณ์อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างของวงจรที่นำมาใช้งาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดหน้าที่ของ port ที่ได้กำหนดไว้

Port Bit 15	-B&W / +COLOR CAMERA
Port Bit 14	-22.5 MHz / +30 MHz
Port Bit 13	-DIV 2 / +DIV 3
Port Bit 12	SPARE
Port Bit 11	SPARE
Port Bit 10	SPARE
Port Bit 9	SPARE
Port Bit 8	-READ DRAM
Port Bit 7	-PROTECT
Port Bit 6	-ADDRESS INC
Port Bit 5	-ADDRESS SET
Port Bit 4	
Port Bit 3	
Port Bit 2	SELECT PAGE DRAM
Port Bit 1	
Port Bit 0	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7.

บทวิจารณ์และสรุปผลการดำเนินงาน

7.1 การดำเนินงาน

1. ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในด้านต่าง ๆ

- ข้อมูลที่เกี่ยวกับโทรทัศน์ ลักษณะของการทำงานในภาคต่าง ๆ
- ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของสัญญาณ composite
- ข้อมูลของอุปกรณ์ที่จะนำมาใช้งาน เช่น

A/D Converter

Dynamic Ram

Video Sync sep LM1881N

2. ทำการกำหนดขอบเขตของโครงการ

3. ทำการเปรียบเทียบถึงราคาต่อประสิทธิภาพ และเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความเหมาะสมทั้งในด้านของความง่ายของการออกแบบและแหล่งที่จะหาอุปกรณ์

4. ทำการออกแบบถึงการทำงาน

5. ทำการต่อวงจรตามที่ได้ออกแบบไว้และทำการทดลองและนำเอาผลของการทดลองมาทำการแก้ไขในการออกแบบพัฒนาให้ดีขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหานั้น

6. ทำการแปลหนังสือที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาโปรแกรมที่จะนำมาใช้งาน ปัญหาที่เกิดขึ้นและการแก้ไขปัญหานั้น

7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้น

ปัญหาที่เกิดขึ้นมีหลายสาเหตุ คือ

- อุปกรณ์ที่ต้องการ ไม่สามารถจัดหาได้ การแก้ไขจึงได้ทำการออกแบบวงจรที่จะนำมาใช้ทดแทนซึ่งทำให้วงจรมีขนาดใหญ่

- ปัญหาเกี่ยวกับการทำงานของวงจรที่จะต้องนำเอามาต่อร่วมกับโครงงาน เช่น ในเรื่องการส่งผ่านข้อมูลระหว่างเครื่อง computer และ โครงงาน จึงทำให้ผู้จัดทำต้องทำการรวบรวมข้อมูลมาจากหลาย ๆ แหล่งแล้วนำเอามาวิเคราะห์การทำงานที่ต้องการเพื่อนำมาใช้ในการออกแบบการทำงาน

- ปัญหาในเรื่องของหน่วยความจำ DRAM ที่จะนำเอามาใช้งาน เนื่องจาก DRAM มีความสูงแต่มีราคาต่ำ แต่จากลักษณะคุณสมบัติของตัว DRAM เองนั้นต้องมีการ refresh ภายในเวลาที่กำหนดไว้ ต้องมีวงจรในการ strobe RAS , CAS ในการ ADDRESSING ทำให้วงจรมีขนาดใหญ่ และเมื่อต้องมีการติดต่อกับเครื่อง computer ก็ต้องมีวงจรเฉพาะในการติดต่อกับตัวหน่วยความจำ DRAM แยกต่างหาก และปัญหาที่สำคัญมากก็คือความเร็วในการทำงานของหน่วยความจำ DRAM ซึ่งยังไม่มีความเร็วเพียงพอ จึงต้องทำการแก้ไขปัญหานี้โดยการแบ่งหน่วยความจำออกเป็นหลาย ๆ ชุด ในโครงงานนี้ได้แบ่งออกเป็น 3 ชุดด้วยกันจึงทำให้การทำงานร่วมกับหน่วยความจำ DRAM ทำงานได้ทัน

กิตติกรรมประกาศ
(ACKNOWLEDGMENT)

**ขอขอบคุณท่านอาจารย์ ดร.กนก เจนจิระพงษ์ทวี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการจัดหา
กรรมบางอย่างซึ่งมีราคาแพงมาให้และได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการทำโครงการนี้**

ขอขอบคุณ อาจารย์ กฤดากร ก่ออมการ ที่ได้ให้คำเสนอแนะและคำปรึกษา

**ขอขอบคุณอาจารย์ประจำห้อง LAB ภาคเทคนิคอุตสาหกรรมที่ให้ความสะดวกในเรื่อง
การใช้เครื่องมือต่างๆ จนโครงการนี้ได้เสร็จสิ้นลงรวมทั้งอาจารย์ในภาคเทคนิคอุตสาหกรรม
ทุกท่าน**

ขอขอบคุณ คุณนิวัฒน์ เจียมภู่ ที่ได้จัดหาตัวอุปกรณ์บางส่วนรวมถึงข้อมูลของอุปกรณ์

**ขอขอบคุณ คุณสุวิชัย นนริรัตนรุ่งโรจน์ ที่ได้ช่วยเหลือในการทดสอบโปรแกรม
คอมพิวเตอร์**

**ขอขอบคุณ คุณเกรียงไกร จันทร์ทา ที่ได้ให้เอกสารที่จะนำมาใช้ประกอบในโครงการนี้
และสุกท้าย ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ได้ให้คำแนะนำทุก ๆ ท่าน**

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- อรรถสิทธิ์ หล้าสกุล " การเก็บภาพขนาด 512 * 256 จุด โดยใช้หน่วยความจำที่มีความเร็วต่ำ "
 วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
 สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ปีการศึกษา 2532.
- เอกภพ นาคเสรี,ณรงค์ วัฒนะกิจ,สุชาติ ฉิมประคินธุ์ " วิดีโอคิโคโนเซอร์ "
 วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
 ภาคเทคนิคอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 ปีการศึกษา 2532.
- สมศักดิ์ เตะระเศรษฐ์ชนะ " ทฤษฎีและปฏิบัติ VCR ระบบคิโดต "
 บริษัท ซีอีคยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ พ.ศ. 2532.
- สมศักดิ์ เตะระเศรษฐ์ชนะ และ สุชาติ กังวารจิตต์ " ทฤษฎีและปฏิบัติโทรทัศน์ระบบ PAL "
 พิมพ์ครั้งที่ 2 บริษัท ซีอีคยูเคชั่น จำกัด กรุงเทพฯ พ.ศ. 2532.
- International Business Machines Corporation " PC / AT Technical Reference "
 First edition International Business Machines Corporation 1984.
- ANIL K. JAIN " FUNDAMENTALS OF DIGITAL IMAGE PROCESSING "
 Prentice-Hall, Inc 1989.
- LEWIS C. EGGERBRECHT " Interfacing to the IBM Personal Computer "
 First edition Howard W. Sams & Co., Inc. 1983.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#define bBLACK      0
#define bBLUE       0x10
#define bGREEN      0x20
#define bCYAN       0x30
#define bRED        0x40
#define bMAGENTA    0x50
#define bBROWN     0x60
#define bWHITE     0x70
#define bBLACK_BLINK 0x80
#define bBLUE_BLINK 0x90
#define bGREEN_BLINK 0xa0
#define bCYAN_BLINK 0xb0
#define bRED_BLINK  0xc0
#define bMAGENTA_BLINK 0xd0
#define bBROWN_BLINK 0xe0
#define bWHITE_BLINK 0xf0
#define fBLACK      0
#define fBLUE       1
#define fGREEN      2
#define fCYAN       3
#define fRED        4
#define fMAGENTA    5
#define fBROWN     6
#define fWHITE     7
#define fDARK_GREY  8
#define fLIGHT_BLUE 9
#define fLIGHT_GREEN 0x0a
#define fLIGHT_CYAN 0x0b
#define fLIGHT_RED  0x0c
#define fLIGHT_MAGENTA 0x0d
#define fYELLOW     0x0e
#define fBRIGHT_WHITE 0x0f
/*****/
#define BORDER 1
#define MAX_FRAME 15
#define REV_VID 0x70
#define NORM_VID 7
#define NORM_THAI_VID 0x0f
#define INTN_VID 9
#define BLINK_REV_THAI_VID 0xf8
#define BLINK_REV_VID 0xf0
#define REV_THAI_VID 0x7f

#define REV_COLOR    bRED+fWHITE
#define NORM_COLOR   bCYAN+fBLACK
#define INTN_COLOR   bCYAN+fRED
#define SD_COLOR     bBLACK+fBLACK

/**** Define printer function ****/
#define SIZE_COMMENT 20 /** 21 byte per line for comment **/
#define SIZE_ESC_CODE 16 /** 15 byte pre line for esc code **/
#define LINE_TOTAL 9 /** number of function line **/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
struct color{
    char color1;
    char color2;
    char color3;
    char color4;
    char color5;
    char color6;
    char color7;
    char color8;
    char color9;
    char color10;
    char color11;
    char color12;
    char color13;
    char color14;
    char color15;
    char color16;
}cattr;
struct help_for_f1{
    char *data_help;
    char *array_help[30];
    int index;
    int have_file;
}h1;
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* _____ COLOR.H _____ */
#define bBLACK      0
#define bBLUE       0x10
#define bGREEN      0x20
#define bCYAN       0x30
#define bRED        0x40
#define bMAGENTA    0x50
#define bBROWN     0x60
#define bWHITE      0x70
#define bBLACK_BLINK 0x80
#define bBLUE_BLINK 0x90
#define bGREEN_BLINK 0xa0
#define bCYAN_BLINK 0xb0
#define bRED_BLINK  0xc0
#define bMAGENTA_BLINK 0xd0
#define bBROWN_BLINK 0xe0
#define bWHITE_BLINK 0xf0
#define fBLACK      0
#define fBLUE       1
#define fGREEN      2
#define fCYAN       3
#define fRED        4
#define fMAGENTA    5
#define fBROWN     6
#define fWHITE      7
#define fDARK_GREY  8
#define fLIGHT_BLUE 9
#define fLIGHT_GREEN 0x0a
#define fLIGHT_CYAN 0x0b
#define fLIGHT_RED  0x0c
#define fLIGHT_MAGENTA 0x0d
#define fYELLOW     0x0e
#define fBRIGHT_WHITE 0x0f
/*****/
#define BORDER 1
#define MAX_FRAME 15
#define REV_VID 0x70
#define NORM_VID 7
#define NORM_THAI_VID 0x0f
#define INTN_VID 9
#define BLINK_REV_THAI_VID 0xf8
#define BLINK_REV_VID 0xf0
#define REV_THAI_VID 0x7f

#define REV_COLOR    bRED+fWHITE
#define NORM_COLOR   bCYAN+fBLACK
#define INTN_COLOR   bCYAN+fRED
#define SD_COLOR     bBLACK+fBLACK

/** Define printer function **/
#define SIZE_COMMENT 20 /** 21 byte per line for comment **/
#define SIZE_ESC_CODE 16 /** 15 byte pre line for esc code **/
#define LINE_TOTAL 9 /** number of founction line **/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
struct color{
    char color1;
    char color2;
    char color3;
    char color4;
    char color5;
    char color6;
    char color7;
    char color8;
    char color9;
    char color10;
    char color11;
    char color12;
    char color13;
    char color14;
    char color15;
    char color16;
}cattr;
struct help_for_f1{
    char *data_help;
    char *array_help[30];
    int index;
    int have_file;
}hlp;
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/**
 * NAME
 *   extkeys.h – header file for
 *
 * DESCRIPTION
 *   The BIOS keyboard input functions add K_BASE to the scan code
 * of the PC's extended key functions. This header file defines labels for
 * some of the the special keys.
 */
```

```
#define K_BASE 0 /*256*/
#define ESC 27
#define BKSP 8
#define K_F1 (59+K_BASE) /****** SCAN CODE KEY SPECAIL *****/
#define K_F2 (60+K_BASE)
#define K_F3 (61+K_BASE)
#define K_F4 (62+K_BASE)
#define K_F5 (63+K_BASE)
#define K_F6 (64+K_BASE)
#define K_F7 (65+K_BASE)
#define K_F8 (66+K_BASE)
#define K_F9 (67+K_BASE)
#define K_F10 (68+K_BASE)
#define K_HOME (71+K_BASE)
#define K_END (79+K_BASE)
#define K_UP (72+K_BASE)
#define K_DN (80+K_BASE)
#define K_LEFT (75+K_BASE)
#define K_RIGHT (77+K_BASE)
#define K_PGUP (73+K_BASE)
#define K_PGDN (81+K_BASE)
#define K_INS (82+K_BASE)
#define K_DEL (83+K_BASE)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
#define CTRL_A 0X01
#define CTRL_B 0X02
#define CTRL_C 0X03
#define CTRL_D 0X04
#define CTRL_E 0X05
#define CTRL_F 0X06
#define CTRL_G 0X07
#define CTRL_H 0X08
#define CTRL_I 0X09
#define CTRL_J 0X0a
#define CTRL_K 0X0b
#define CTRL_L 0X0c
#define CTRL_M 0X0d
#define CTRL_N 0X0e
#define CTRL_O 0X0f
#define CTRL_P 0X010
#define CTRL_Q 0X011
#define CTRL_R 0X012
#define CTRL_S 0X013
#define CTRL_T 0X014
#define CTRL_U 0X015
#define CTRL_V 0X016
#define CTRL_W 0X017
#define CTRL_X 0X018
#define CTRL_Y 0X019
#define CTRL_Z 0X01a
```

```
/****** CONTROL WITH KEY A - Z PRESS *****/
```

```
...../
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* ----- MENU1.C ----- */
#include "stdio.h"
#include "dos.h"
#include "stdlib.h"
#include "graph.h"
#include "bios.h"
#include "string.h"
#include "ctype.h"
#include "conio.h"
#include "malloc.h"
#include "color.h"
#include "extkeys.h"
char *header_menu="  SetUp      File      Working  About      Quit      ";
struct head_menu_frame{
    int old_choice;
    int count;
    char *keys;
    char *disp;
}hframe;
char *hlp[]={
    "Set up the system, resolution and type of camera",
    "File for record data image file",
    "Get data image to file",
    "Group worked",
    "Exit to DOS"
};
char far *vid_mem;
char yn_color;

void save_video(), restore_video(), pd_driver(), template();
void goto_xy(), write_string(), write_char(), make_menu_bar();
void display_popup_menu(), draw_border_popup_menu(), clear_video();
void convert_popup_menu(), display_help(char *);
int get_resp_popup_menu(), is_in(), make_popup_menu();
struct menu_frame{
    int startx, endx, starty, endy;
    unsigned char *p;
    char **menu;
    char **help;
    char *keys;
    char *disp;
    int border, count;
    int b1, b2;
    int old_choice;
    int active;
} mframe[MAX_FRAME];
int max_menu;

char *select[]={
    "Select Resolution",
    "Type of Camera "
};
char *hlp_select[]={
    "Select Resolution",

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    "Type of Camera "
};
char *file[]={
    "Input file name"
};
char *hlp_file[]={
    "Enter file name"
};
char *work[]={
    "Read data to file"
};
char *hlp_work[]={
    "Read data to file"
};

char *about[]={
    "About ... "
};
char *hlp_about[]={
    "Group worked"
};
char *quit[]={
    "Exit to DOS"
};
char *hlp_quit[]={
    "Exit to DOS"
};
char *freq[]={
    "1.Select 512 x 574",
    "2.Select 574 x 574",
    "3.Select 768 x 574"
};
char *hlp_freq[]={
    "Select 512 x 574",
    "Select 574 x 574",
    "Select 768 x 574"
};
char *camer[]={
    "Color camera ",
    "Black/White camera"
};
char *hlp_camer[]={
    "Color camera ",
    "Black/White camera"
};
};

```

```

struct videoconfig vc;
void make_menu_bar(keys, disp, count)
char *keys, *disp;
int count;
{
    hframe.keys=keys;
    hframe.disp=disp;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

hframe.count=count;
hframe.old_choice=0;
}
int index_help;

void template()
{
char x, y;
write_string(0, 0, header_menu, yn_color?bCYAN+fBLACK:REV_VID);
clear_video(22, 25, 0, 80, yn_color?bCYAN+fBLACK:REV_VID);
for(x=1, y=0; x<22; x++, y=0){
while(y<80){
if(y==0 || y==79){
write_char(x, y, "", yn_color?bBLACK+fBLUE:NORM_VID);
y++;
}
else{
write_char(x, y, '±', yn_color?bBLACK+fBLUE:NORM_VID);
y++;
}
}
}
for(x=2;x<79;x++)
write_char(1,x,"",yn_color?bBLACK+fBLUE:NORM_VID);
}
int pulldown_bar()
{
union inkey{
char ch[2];
int i;
} c;
int arrow_choice=hframe.old_choice, key_choice=0;
convert_popup_menu(arrow_choice,yn_color?REV_COLOR:NORM_VID,0);

for(;;){
display_help(bhlp[arrow_choice]);
while(!kbhit());
c.i = _bios_keybrd(_KEYBRD_READ);
convert_popup_menu(arrow_choice, yn_color?NORM_COLOR:REV_VID,0);
hlp.index=arrow_choice;
if(c.ch[0]){
key_choice=is_in(hframe.keys, tolower(c.ch[0])); /* check short key */
if(key_choice){
hframe.old_choice = key_choice-1;
return key_choice-1;
}
}
if(c.ch[0]){
switch(c.ch[0]){
case 'v': hframe.old_choice=arrow_choice;
return arrow_choice;
case ' ': arrow_choice++;
break;
case '7':hframe.old_choice=arrow_choice;
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        return -1;
    }
}
else{
    switch(c.ch[1]){
        case 80:hframe.old_choice=arrow_choice;
            return arrow_choice;
        case 72:hframe.old_choice=arrow_choice;
            return arrow_choice;
        case 75:arrow_choice--;
            break;
        case 77:
            arrow_choice++;
            break;
        case 59:
            break;
    }
}
if(arrow_choice>hframe.count-1) arrow_choice=0;
if(arrow_choice<0) arrow_choice = hframe.count-1;
convert_popup_menu(arrow_choice,yn_color?REV_COLOR:NORM_VID,0);
}
}
int popup_pulldown(num)
int num;
{
    if(!mframe[num].active){
        save_video(num);
        mframe[num].active = 1;
    }
    if(mframe[num].border) draw_border_popup_menu(num);
    display_popup_menu(num);
    return get_resp_popup_menu(num);
}
int make_popup_menu(num, menu, help, keys, disp, count, x, y, border, b1, b2)
int num;
char *menu[], *help[];
char *keys, *disp;
int count;
int x, y;
int border, b1, b2;
{
    register int i, len;
    int endx, endy, choice, vmode;
    unsigned char *p;
    if(num>MAX_FRAME){
        /*printf("Too many menus\n");*/
        return 0;
    }
    if((num+1)>max_menu)
        max_menu=num+1;
    len = 0;
    for(i=0; i<count; i++)
        if(strlen(menu[i]) > len) len = strlen(menu[i]);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    endy = len + 2 + y;
    endx = count + 1 + x;
    if((endx+1>24) || (endy+1>79)) {
        /* printf("menu won't fit");*/
        return 0;
    }

    p = (unsigned char *)malloc(2*(endx-x+3) * (endy-y+3));
    if(!p) exit(1);
    mframe[num].startx = x; mframe[num].endx = endx;
    mframe[num].starty = y; mframe[num].endy = endy-1;
    mframe[num].p = p;
    mframe[num].menu = (char **) menu;
    mframe[num].help = (char **) help;
    mframe[num].border = border;
    mframe[num].b1 = b1;
    mframe[num].b2 = b2;
    mframe[num].keys = keys;
    mframe[num].disp = disp;
    mframe[num].count = count;
    mframe[num].old_choice = 0;
    mframe[num].active = 0;
    return 1;
}

void display_popup_menu(num)
int num;
{
    register int i, x;
    char n_disp;
    char *disp;
    char **m;

    x = mframe[num].startx+1;
    m = mframe[num].menu;

    for(i=0; i<mframe[num].count; i++, x++)
        write_string(x, mframe[num].starty+1, m[i], yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);

    n_disp = strlen(mframe[num].disp);
    disp = mframe[num].disp;
    x = mframe[num].startx+1;

    for(i=0; i<n_disp; i++, x++){
        int y = (mframe[num].starty+1) + (*(disp+i)-'0');
        write_char(x, y, m[i][*(disp+i)-'0'], yn_color?INTN_COLOR:INTN_VID);
    }
}

void draw_border_popup_menu(num)
int num;
{
    register int i;
    char far *v, far *t;
    int count;
    v = vid_mem;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

t = v;
for(i=mframe[num].startx+1; i<mframe[num].endx; i++){
    v += (i*160) + mframe[num].starty*2;
    *v++ = 179;
    *v = yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID;
    v = t;
    v += (i*160) + mframe[num].endy*2;
    *v++ = 179;
    *v = yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID;
    v = t;
}
for(i=mframe[num].starty+1; i<mframe[num].endy; i++){
    v += (mframe[num].startx*160) + i*2;
    *v++ = 196;
    *v = yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID;
    v = t;
    v += (mframe[num].endx*160) + i*2;
    *v++ = 196;
    *v = yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID;
    v = t;
}
for(i=mframe[num].startx+1; i<=mframe[num].endx; i++){
    v += (i*160) + (mframe[num].endy+1)*2;
    *v++ = '0';
    *v = yn_color?bBLACK+fBLUE:NORM_VID;
    v = t;
    v += (i*160) + (mframe[num].endy+2)*2;
    *v++ = '0';
    *v = yn_color?bBLACK+fBLUE:NORM_VID;
    v = t;
}
for(i=mframe[num].starty+2; i<=mframe[num].endy+2; i++){
    v += ((mframe[num].endx+1)*160) + i*2;
    *v++ = '0';
    *v = yn_color?bBLACK+fBLUE:NORM_VID;
    v = t;
}
write_char(mframe[num].startx, mframe[num].starty, 218,
yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);
write_char(mframe[num].startx, mframe[num].endy, 191,
yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);
write_char(mframe[num].endx, mframe[num].starty, 192,
yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);
write_char(mframe[num].endx, mframe[num].endy, 217,
yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);
for(count=0, i=mframe[num].starty; i<mframe[num].endy+1; i++, count++){
    if(count==mframe[num].b1 || count==mframe[num].b2){
        v += (mframe[num].startx*160) + i*2;
        *v++ = 'A';
        *v = yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID;
        v = t;
    }
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void convert_popup_menu(choice,attrib,make)
int choice;
int attrib;
int make;
{
    int count=0;
    int y=0;
    do{
        while(*(header_menu+y)==' ') y++;
        if(count==choice){
            int flag = 1;
            while(*(header_menu+y)!=' ' && y!=80){
                if(flag){
                    if(make)
                        write_char(0, y-1, "\a", yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);
                    else
                        write_char(0, y-1, "\b", yn_color?NORM_COLOR:REV_VID);
                    flag = 0;
                }
                write_char(0, y, *(header_menu+y), attrib);
                y++;
            }
            if(!flag)
                if(make)
                    write_char(0, y, "\a", yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);
                else
                    write_char(0, y, "\b", yn_color?NORM_COLOR:REV_VID);
            }
            else
                while(*(header_menu+y)!=' ') y++;
                count++;
        }while(count!=choice+1);
    }
int get_resp_popup_menu(num)
int num;
{
    union inkey{
        char ch[2];
        int i;
    } c;
    int offset_index;
    int arrow_choice=mframe[num].old_choice, key_choice;
    int x, y;
    switch(num){
        case 0:offset_index=0;break;
        case 1:offset_index=3;break;
        case 2:offset_index=4;break;
        case 3:offset_index=10;break;
        case 4:offset_index=15;break;
        case 5:offset_index=17;break;
        case 6:offset_index=19;break;
    }
    x = mframe[num].startx+1;
    y = mframe[num].starty+1;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write_string(x+arrow_choice, y, mframe[num].menu[arrow_choice],
yn_color?REV_COLOR:REV_VID);
for(;;){
display_help(mframe[num].help[arrow_choice]);
while(!kbhit());
c.i = _bios_keybrd(_KEYBRD_READ);
write_string(x+arrow_choice, y, mframe[num].menu[arrow_choice],
yn_color?NORM_COLOR:NORM_VID);
{
/** write hot key intend in pull down menu **/
char *p = mframe[num].disp;
char n_p = *(p+arrow_choice)-'0';
char *pp = mframe[num].menu[arrow_choice]+n_p;
write_char(x+arrow_choice, y+n_p, *pp, yn_color?INTN_COLOR:INTN_VID);
}
if(num != 6)
hlp.index=7+offset_index+arrow_choice;
else
hlp.index=arrow_choice;
if(c.ch[0]){
key_choice=is_in(mframe[num].keys, tolower(c.ch[0]));
if(key_choice){
mframe[num].old_choice = key_choice-1;
if(num != 6)
hlp.index=7+offset_index+key_choice-1;
else
hlp.index=key_choice-1;
return key_choice-1;
}
switch(c.ch[0]){
case 'r': mframe[num].old_choice = arrow_choice;
return arrow_choice;
case ' ': arrow_choice++;
break;
case ESC : return -1;
}
}
else{
switch(c.ch[1]){
case 72: arrow_choice--;
break;
case 80: arrow_choice++;
break;
case 75: return -2; /**Arrow left**/
case 77: return -3; /**Arrow right**/
case 59:
break;
}
}
if(arrow_choice==mframe[num].count) arrow_choice=0;
if(arrow_choice<0) arrow_choice = mframe[num].count-1;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        write_string(x+arrow_choice, y,
mframe[num].menu[arrow_choice],yn_color?REV_COLOR:REV_VID);
    }
}
void write_string(x, y, p, attrib)
int x, y;
char *p;
int attrib;
{
    register int i;
    char far *v;
    v = vid_mem;
    v +=(x*160) + y*2;
    for(i=y; *p; i++){
        *v++ = *p++;
        *v++ = attrib;
    }
}
int is_in(s, c)
char *s, c;
{
    register int i;
    for( i=0; *s; i++) if(*s++==c) return i+1;
    return 0;
}
void save_video(num)
int num;
{
    register int i, j;
    char *buf_ptr;
    char far *v, far *t;
    buf_ptr = mframe[num].p;
    v = vid_mem;
    for(i=mframe[num].starty; i<mframe[num].endy+3; i++)
        for(j=mframe[num].startx; j<mframe[num].endx+2; j++){
            t = v + (j*160) + i*2;
            *buf_ptr++ = *t++;
            *buf_ptr++ = *t;
        }
}
void restore_video(num)
int num;
{
    register int i, j;
    char far *v, far *t;
    char *buf_ptr;
    buf_ptr = mframe[num].p;
    v = vid_mem; t = v;
    for(i=mframe[num].starty; i<mframe[num].endy+3; i++)
        for(j=mframe[num].startx; j<mframe[num].endx+2; j++){
            v = t;
            v += (j*160) + i*2;
            *v++ = *buf_ptr++;
            *v = *buf_ptr++;
        }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    mframe[num].active = 0;
    mframe[num].old_choice = 0;
}
void write_char(x, y, ch, attrib)
int x, y;
char ch;
int attrib;
{
    register int i;
    char far *v;
    v = vid_mem;
    v += (x*160) + y*2;
    *v++ = ch;
    *v = attrib;
}
void clear_video(startx, endx, starty, endy, attrib)
int startx, endx, starty, endy;
char attrib;
{
    register int i, j;
    char far *v, far *t;
    v = vid_mem;
    t = v;
    for(i=starty; i<endy; i++)
        for(j=startx; j<endx; j++){
            v = t;
            v += (j*160) + i*2;
            *v++ = ' ';
            *v = attrib;
        }
}
void display_help(str)
char *str;
{
    int x_coordinate;
    clear_video(22, 25, 0, 80, yn_color?bCYAN+fBLACK:REV_VID);
    x_coordinate=40-(strlen(str)/2);
    write_string(23, x_coordinate, str, yn_color?bCYAN+fBLACK:REV_VID);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* _____ WINDOW2.C _____ */
#include "stdio.h"
#include "dos.h"
#include "stdlib.h"
#include "bios.h"
#include "extkeys.h"
#include "color.h"

void save_window(int), restore_window(int), cls(void);
void display_header(int), draw_border_window(int);
void window_gets(int, char *), window_cls(int,int);
void window_cleol(int), window(int), deactivate(int);
int make_window(int, char * , int, int, int, int, int, int);
int window_puts(int , char * , char ), window_putchar(int, char, char),
window_xy(int,int,int);
int window_getche(int), window_upline(int), window_downline(int), window_bksp(int);
int get_special(void);
int getnumber(int, char);
int getstring(int ,char *,char );

extern char far *vid_mem;
extern char yn_color;
struct window_frame{
    int startx, endx, starty, endy;
    int curx, cury;
    unsigned char *p;
    char *header;
    int border;
    int border_attrib;
    int active;
}wframe[MAX_FRAME];
void window(num)
int num;
{
    int vmode, choice;
    int x, y;

    if(!wframe[num].active){
        save_window(num);
        wframe[num].active = 1;
    }
    if(wframe[num].border) draw_border_window(num);
    display_header(num);

    x = wframe[num].startx + wframe[num].curx+1;
    y = wframe[num].starty + wframe[num].cury+1;
    _settextposition(x, y);
}
int make_window(num, header, startx, starty, endx, endy, border, border_attrib)
int num;
char *header;
int startx, starty;
int endx, endy;
int border, border_attrib;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
    unsigned char *p;

    if(num>MAX_FRAME) {
        printf("Too many window\n");
        return 0;
    }
    if((startx>24) || (startx<0) || (starty>78) || (starty<0)){
        printf("range error");
        return 0;
    }
    if((endx>24) || (endy>79)){
        printf("window won't fit");
        return 0;
    }

    p = (unsigned char *)malloc(2*(endx-startx+1)*(endy-starty+1));
    if(!p) exit(1);

    wframe[num].startx = startx; wframe[num].endx = endx;
    wframe[num].starty = starty; wframe[num].endy = endy;
    wframe[num].p = p;
    wframe[num].header = header;
    wframe[num].border = border;
    wframe[num].border_attrib = border_attrib;
    wframe[num].active = 0;
    wframe[num].curx = 0; wframe[num].cury = 0;
    return 1;
}
void deactivate(num)
int num;
{
    wframe[num].curx = 0;
    wframe[num].cury = 0;
    restore_window(num);
}
void display_header(num)
int num;
{
    register int i, len1, len2;
    len1 = strlen(wframe[num].header);
    len2 = (wframe[num].endy - wframe[num].starty) - len1 - strlen("/*F1=Help */");
    write_string(wframe[num].startx,wframe[num].starty , wframe[num].header,
cattnr.color16);
    for(i=0; i<=len2; i++)
        write_char(wframe[num].startx,wframe[num].starty+len1+i, ' ',cattnr.color16);
    write_string(wframe[num].startx,wframe[num].starty+len1+i , "/*F1=Help */",
cattnr.color16);
}
void draw_border_window(num)
int num;
{
    register int i;
    char far *v, far *t;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

v = vid_mem;
t = v;
for(i=wframe[num].startx+1; i<wframe[num].endx; i++){
    v += (i*160) + wframe[num].starty*2;
    *v++ = 179;
    *v = wframe[num].border_attrib;
    v = t;
    v += (i*160) + wframe[num].endy*2;
    *v++ = 179;
    *v = wframe[num].border_attrib;
    v = t;
}
for(i=wframe[num].starty+1; i<wframe[num].endy; i++){
    v += (wframe[num].startx*160) + i*2;
    *v++ = 196;
    *v = wframe[num].border_attrib;
    v = t;
    v += (wframe[num].endx*160) + i*2;
    *v++ = 196;
    *v = wframe[num].border_attrib;
    v = t;
}

write_char(wframe[num].startx, wframe[num].starty, 218, wframe[num].border_attrib);
write_char(wframe[num].startx, wframe[num].endy, 191, wframe[num].border_attrib);
write_char(wframe[num].endx, wframe[num].starty, 192, wframe[num].border_attrib);
write_char(wframe[num].endx, wframe[num].endy, 217, wframe[num].border_attrib);
}

int window_puts(num, str,attrib)
int num;
char *str;
char attrib;
{
    if(!wframe[num].active) return 0;
    for( ; *str; str++)
        window_putchar(num, *str, attrib);
    return 1;
}

int window_putchar(num, ch, attrib)
int num;
char ch;
char attrib;
{
    register int x, y;
    char far *v;
    if(!wframe[num].active) return 0;
    x = wframe[num].curx + wframe[num].startx + 1;
    y = wframe[num].cury + wframe[num].starty + 1;

    /*if(y>=wframe[num].endy) return 1;
    if(x>=wframe[num].endx) return 1;*/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(y>=wframe[num].endy && x<wframe[num].endx){
    x++;
    y=wframe[num].starty+1;
    wframe[num].curx = x - (wframe[num].startx + 1);
    wframe[num].cury = y - (wframe[num].starty + 1);
}
if(x>=wframe[num].endx){
    x=wframe[num].startx+1;
    y=wframe[num].starty+1;
    wframe[num].curx = x - (wframe[num].startx + 1);
    wframe[num].cury = y - (wframe[num].starty + 1);
    window_cls(num, attrib);
}
v = vid_mem;
v += (x*160) + y*2;

if(ch=='\n'){
    x++;
    y = wframe[num].startx+1;
    v = vid_mem;
    v += (x*160) + y*2;
    wframe[num].curx++;
    wframe[num].cury = 0;
}
else{
    wframe[num].cury++;
    *v++ = ch;
    *v++ = attrib;
}
window_xy(num, wframe[num].curx, wframe[num].cury);
return 1;
}
int window_xy(num, x, y)
int num, x, y;
{
    if(x<0 || x+wframe[num].startx>=wframe[num].endx-1)
        return 0;
    if(y<0 || y+wframe[num].starty>=wframe[num].endy-1)
        return 0;
    wframe[num].curx = x;
    wframe[num].cury = y;
    _settextposition(wframe[num].startx+x+2, wframe[num].starty+y+2);
    return 1;
}
void window_cls(num,attrib)
int num, attrib;
{
    register int i,j;
    char far *v, far *t;
    v = vid_mem;
    t = v;
    for(i=wframe[num].starty+1; i<wframe[num].endy; i++)
        for(j=wframe[num].startx+1; j<wframe[num].endx; j++){
            v = t;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        v += (j*160) + i*2;
        *v++ = ' ';
        *v = attrib;
    }
    wframe[num].curx = 0;
    wframe[num].cury = 0;
}

void save_window(num)
int num;
{
    register int i, j;
    char *buf_ptr;
    char far *v, far *t;

    buf_ptr = wframe[num].p;
    v = vid_mem;
    for(i=wframe[num].starty; i<wframe[num].endy+1; i++)
        for(j=wframe[num].startx; j<wframe[num].endx+1; j++){
            t = (v + (j*160)+i*2);
            *buf_ptr++ = *t++;
            *buf_ptr++ = *t;
            /* *(t-1) = ' '; */
        }
}

void restore_window(num)
int num;
{
    register int i, j;
    char far *v, far *t;
    char *buf_ptr;

    buf_ptr = wframe[num].p;
    v = vid_mem;
    t = v;
    for(i=wframe[num].starty; i<wframe[num].endy+1; i++)
        for(j=wframe[num].startx; j<wframe[num].endx+1; j++){
            v = t;
            v += (j*160) + i*2;
            *v++ = *buf_ptr++;
            *v = *buf_ptr++;
        }
    wframe[num].active = 0;
}

void cls()
{
    union REGS r;
    r.h.ah=6;
    r.h.al=0;
    r.h.ch=0;
    r.h.cl=0;
    r.h.dh=24;
    r.h.dl=79;
    r.h.bh=7;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

int86(0x10, &r, &r);
}

int getnumber(int wnum, char attrib)
{
    union inkey{
        char ch[2];
        int i;
    } c;
    int count;
    char strnum[4];
    int x, y;
    strnum[0]=0; strnum[1]=0; strnum[2]=0; strnum[3]=0;
    count = 0;
    x = wframe[wnum].curx; y = wframe[wnum].cury;
    while(1){
        c.i = _bios_keybrd(_KEYBRD_READ);
        if(c.ch[0]){
            switch(c.ch[0]){
                case 'v':
                    strnum[count]=0;
                    return atoi(strnum);
                case 'b':
                    if(count != 0){
                        strnum[--count]=0;
                        window_xy(wnum, x, -y);
                        window_putchar(wnum, '', attrib);
                        window_xy(wnum, x, y);
                    }
                    break;
                case '1':
                case '2':
                case '3':
                case '4':
                case '5':
                case '6':
                case '7':
                case '8':
                case '9':
                case '0':
                    if(count < 3){
                        strnum[count++] = c.ch[0];
                        window_putchar(wnum, c.ch[0], attrib);
                        window_xy(wnum, x, ++y);
                    }
                    break;
                case 27 :
                    return -2;
            }
        }
        else{
            switch(c.ch[1]){
                case 75:
                    if(count != 0){

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```
    window_putchar(wnum, '', attrib);
    window_xy(wnum, x, y);
  }
  break;
}
}
}
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/* ----- MAIN.C ----- */
#include "stdio.h"
#include "dos.h"
#include "stdlib.h"
#include "graph.h"
#include "bios.h"
#include "string.h"
#include "ctype.h"
#include "conio.h"
#include "malloc.h"
#include "io.h"
#include "direct.h"

#include "extkeys.h"
#include "color.h"

int card_type; /* 1 is VGA, 0 is EGA */
/*****/

union REGS inregs, outregs;
struct SREGS segregs;

/*****/
extern struct head_menu_frame {
    int old_choice;
    int count;
    char *keys;
    char *disp;
}hframe;
extern struct menu_frame{
    int startx, endx, starty, endy;
    unsigned char *p;
    char **menu;
    char **help;
    char *keys;
    char *disp;
    int border, count;
    int b1, b2;
    int old_choice;
    int active;
} mframe[MAX_FRAME];
extern struct window_frame{
    int startx, endx, starty, endy;
    int curx, cury;
    unsigned char *p;
    char *header;
    int border;
    int border_attrib;
    int active;
}wframe[MAX_FRAME];

extern char *bhelp[];
extern char far *vid_mem;
extern char yn_color;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

extern int max_menu;
extern char *select[];
extern char *hlp_select[];
extern char *file[];
extern char *hlp_file[];
extern char *work[];
extern char *hlp_work[];
extern char *about[];
extern char *hlp_about[];
extern char *quit[];
extern char *hlp_quit[];
extern char *freq[];
extern char *hlp_freq[];
extern char *camer[];
extern char *hlp_camer[];

```

```

int resolution = 0;
int type_camera = 1;
char file_name[80];

```

```

unsigned control_word;
unsigned long addr_count_max;

```

```

extern struct videoconfig vc;
char name_root[80];
void pd_driver();
void pd_driver2(int);
void back_to_dos();
void initialize(void);

```

```

void main(argv,argc)
int argv,
char *argv[];
{

```

```

    int i,len;
    strcpy(name_root,argv[0]);
    len=strlen(name_root);
    for(len;name_root[len]!='\0';len--);
    name_root[len]='\0';
    cursor_hid();
    initialize();
    template();
    file_name[0] = 0;
    about_name();
    window(1);
    status();
    pd_driver();
}
void pd_driver()
{
    int choice1, choice2;
    union inkey{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

char ch[2];
int i;
} c;
do{
    while( (choice1=pulldown_bar()) != -1){
        pd_driver2(choice1);
    }
    display_help("Exit this program. (Y/N)");
    c.i = _bios_keybrd(_KEYBRD_READ);
    c.ch[0]= tolower(c.ch[0]);
    }while( c.ch[0] != 'y');
back_to_dos();
}
void pd_driver2(choice1)
int choice1;
{
int choice2;
int cho3;
convert_popup_menu(choice1,yn_color?REV_COLOR:REV_VID,1);
while((choice2=popup_pulldown(choice1))!=-1){
    convert_popup_menu(choice1,yn_color?NORM_COLOR:REV_VID,0);
    switch(choice2){
        case 0: switch(choice1){
            case 0:
                cho3 = popup_pulldown(5);
                restore_video(5);
                if(cho3 > -1){
                    resolution = cho3;
                    if(resolution == 0){
                        addr_count_max = 87381;
                        outpw(0x300,0x61f4);
                    }
                    if(resolution == 1){
                        addr_count_max = 109825;
                        outpw(0x300,0x01f4);
                    }
                    if(resolution == 2){
                        addr_count_max = 146944;
                        outpw(0x300,0x41f4);
                    }
                }
            }
        }
    status();
        break;
        case 1:
            window(0);
            load_file();
            status();
            deactivate(0);
            break;
        case 2:
            work_read();
            break;
        case 3:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        about_name();
        break;
    case 4:
        back_to_dos();
        break;
    case 5:
        break;
    case 6:
        break;
    }
    break;
case 1: switch(choice1){
    case 0:
        /*cho3 = popup_pulldown(6);
        restore_video(6);
        if(cho3 > -1)
            type_camera = cho3;*/
        status();
        break;
    case 1:
        break;
    case 2:
        break;
    case 3:
        break;
    case 4:
        break;
    case 5:
        break;
    case 6:
        break;
    }
    break;
case 2: switch(choice1){
    case 0:
        back_to_dos();
    case 1:
        break;
    case 2:
        break;
    case 3:
        break;
    case 6:
        break;
    }
    break;
case 3: switch(choice1){
    case 1:
        break;
    case 2:
        break;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        case 3:
            break;
        case 6:
            break;
    }
    break;

    case 4: switch(choice1){
        case 1:
            break;
        case 2:
            break;
        case 3:
            break;
        case 6:
            break;
    }
    break;
    case 5: switch(choice1){
        case 1:
            break;
        case 2:
            break;
        case 6:
            break;
    }
    break;
    case -2: restore_video(choice1);
        (-hframe.old_choice < 0) ? hframe.old_choice = hframe.count - 1:
hframe.old_choice;
        choice1 = hframe.old_choice;
        break;
    case -3: restore_video(choice1);
        (++hframe.old_choice > hframe.count - 1) ? hframe.old_choice = 0:
hframe.old_choice;
        choice1 = hframe.old_choice;
        break;
    }

    convert_popup_menu(choice1, yn_color ? REV_COLOR : REV_VID, 1);
    }
    restore_video(choice1);
    }
    void back_to_dos()
    {
        char mode;
        cursor_norm();
        _clearscreen(_GCLEARSCREEN);
        exit(0);
    }
    void initialize(void)
    {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

char far *pmode = (char far *)0x00400049;
_getvideoconfig(&vc);
switch(vc.adapter){
case _MDPA: vid_mem=(char far *)0xB0000000;
            yn_color=0;
            break;
case _EGA: card_type=0;
            if(*pmode==7){
                vid_mem=(char far *)0xB0000000; yn_color=0;
            }
            else{
                vid_mem=(char far *)0xB8000000; yn_color=1;
            }
            break;
case _VGA: card_type=1;
            if(*pmode==7){
                vid_mem=(char far *)0xB0000000; yn_color=0;/** monochorm monitor ***/
            }
            else{
                vid_mem=(char far *)0xB8000000; yn_color=1;/** color monitor **/
            }
            break;
default:
            curscr_norm();
            exit(0);
}
if(yn_color){
cattr.color1=bGREEN+fRED;
cattr.color2=bRED+fWHITE;
cattr.color3=bWHITE+fBLACK;
cattr.color4=bWHITE+fDARK_GREY;
cattr.color5=bGREEN+fBLACK;
cattr.color6=bBLUE_BLINK+fBRIGHT_WHITE;
cattr.color7=bCYAN+fBLACK;
cattr.color8=bWHITE+fRED;
cattr.color9=bBLUE_BLINK+fWHITE;
cattr.color10=bWHITE+fBLUE;
cattr.color11=bWHITE+fLIGHT_RED;
cattr.color12=bBLACK+fWHITE;
cattr.color13=bBLUE+fWHITE;
cattr.color14=bGREEN+fLIGHT_RED;
cattr.color15=bWHITE+fBROWN;
cattr.color16=bBROWN+fBLACK;
}
else
{
cattr.color1=NORM_VID;
cattr.color2=REV_VID;
cattr.color3=NORM_VID;
cattr.color4=NORM_THAI_VID;
cattr.color5=NORM_VID;
cattr.color6=BLINK_REV_THAI_VID;
cattr.color7=REV_VID;
cattr.color8=NORM_VID;
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    cattr.color9=BLINK_REV_VID;
    cattr.color10=NORM_VID;
    cattr.color11=NORM_THAI_VID;
    cattr.color12=REV_VID;
    cattr.color13=BLINK_REV_VID;
    cattr.color14=NORM_THAI_VID;
    cattr.color15=NORM_VID;
    cattr.color16=REV_VID;
}

max_menu=0;
make_menu_bar("sfwaq","00000",5);
make_popup_menu(0, select, hlp_select, "st","00", 2, 1, 1, BORDER, 1, 7);
make_popup_menu(1, file, hlp_file, "f","0", 1, 1, 12, BORDER, 3, 8);
make_popup_menu(2, work, hlp_work, "r","0", 1, 1, 26, BORDER, 1, 9);
make_popup_menu(3, about, hlp_about, "a","0", 1, 1, 40, BORDER, 2, 8);
make_popup_menu(4, quit, hlp_quit, "q","0", 1, 1, 53, BORDER, 2, 7);
make_popup_menu(5, freq, hlp_freq, "123","000", 3, 3, 18, BORDER, 1, 1);
make_popup_menu(6, camer, hlp_camer, "cb","00", 2, 3, 18, BORDER, 1, 1);

make_window(0, " Open file", 9, 20, 13, 60, BORDER,cattr.color1);
make_window(1, " Status", 15, 23, 19, 57, BORDER,bWHITE+fRED);
make_window(2, " About", 5, 15, 18, 65, BORDER,bWHITE+fRED);

control_word = 0x61f4;
addr_count_max = 87381;
outpw(0x300, control_word);
}
status()
{
    window_cls(1,bWHITE+fRED);
    window_xy(1,0,0);
    if(resolution == 0){
        window_puts(1,"Resolution = ",bWHITE+fBLUE);
        window_puts(1,"512 x 574",bWHITE+fRED);
    }
    if(resolution == 1){
        window_puts(1,"Resolution = ",bWHITE+fBLUE);
        window_puts(1,"574 x 574",bWHITE+fRED);
    }
    if(resolution == 2){
        window_puts(1,"Resolution = ",bWHITE+fBLUE);
        window_puts(1,"768 x 574",bWHITE+fRED);
    }
    window_xy(1,1,0);

    if(type_camera == 0){
        window_puts(1,"Type of camera = ",bWHITE+fBLUE);
        window_puts(1,"Color",bWHITE+fRED);
    }
    if(type_camera == 1){
        window_puts(1,"Type of camera = ",bWHITE+fBLUE);
        window_puts(1,"Black and White",bWHITE+fRED);
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    }
    window_xy(1,2,0);
    window_puts(1,"File name: ",bWHITE+fBLUE);
    window_puts(1,file_name,bWHITE+fRED);
}
load_file()
{
    window_cls(0,cattr.color1);
    window_xy(0,1,0);
    window_puts(0,"Name: ",cattr.color1);
    cursor_big();
    getstring(0,file_name,cattr.color1);
    cursor_hid();
}
about_name()
{
    window(2);
    window_cls(2,bWHITE+fRED);
    window_xy(2,2,20);
    window_puts(2,"DIGITIZE",bWHITE+fBLUE);
    window_xy(2,4,6);
    window_puts(2,"Mr.Jarin Jitsakul. ",bWHITE+fBLACK);
    window_puts(2,"ID. 34131147",bWHITE+fRED);
    window_xy(2,5,6);
    window_puts(2,"Mr.Prasert Wongbunkiat. ",bWHITE+fBLACK);
    window_puts(2,"ID. 34131118",bWHITE+fRED);
    window_xy(2,6,6);
    window_puts(2,"Mr.Monchai Kamjanokas. ",bWHITE+fBLACK);
    window_puts(2,"ID. 34131124",bWHITE+fRED);
    window_xy(2,8,6);
    window_puts(2,"      KINGMONGKUT INSTITUTE",bWHITE+fBLUE);
    window_xy(2,9,6);
    window_puts(2,"      OF",bWHITE+fBLUE);
    window_xy(2,10,6);
    window_puts(2,"      TECHNOLOGY",bWHITE+fBLUE);
    display_help("Press any key to continue");
    getch();
    deactivate(2);
}
cursor_big()
{
    cursor_type(0,4);
}
cursor_hid()
{
    cursor_type(30,20);
};
cursor_norm()
{
    cursor_type(3,4);
}
cursor_type(char a, char b)
{

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    _asm{
        mov ah,1
        mov ch,a
        mov cl,b
        int 10h
    }
}
work_read()
{
    FILE *stream;
    unsigned long addr_count;
    unsigned backup;
    int ch;
    stream = fopen(file_name,"wb");
    if(stream == NULL) return 0;
    backup = control_word & 0xff7f;
    outpw(0x300, backup);    /* protect */
    backup = backup & 0xffef;
    outpw(0x300, backup);    /* read dram */
    backup = backup | 0x0100;
    outpw(0x300, backup);    /* read dram */
    backup = backup & 0xffdf;
    outpw(0x300, backup);    /* clear addr */
    backup = backup | 0x0020;
    outpw(0x300, backup);    /* clear addr */
    backup = backup & 0xffef;
    outpw(0x300, backup);    /* sampling -> read */
    addr_count = 1;

    for(; addr_count < addr_count_max; addr_count++){
        backup = backup & 0xffbf;
        outpw(0x300, backup);    /* inc addr */
        backup = backup | 0x0040;
        outpw(0x300, backup);    /* inc addr */
        backup = backup & 0xffff;
        backup = backup | 0x0004;
        outpw(0x300, backup);    /* read 1 */
        ch=inp(0x301);
        putc(ch, stream);

        backup = backup & 0xffff;
        outpw(0x300, backup);    /* read 2 */
        ch=inp(0x301);
        putc(ch, stream);

        backup = backup & 0xffff;
        backup = backup | 0x0001;
        outpw(0x300, backup);    /* read 3 */
        ch=inp(0x301);

        putc(ch, stream);
    }
    outpw(0x300, backup);    /* inc addr */
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

backup = backup | 0x0040;
outpw(0x300, backup);           /*** inc addr ***/
backup = backup & 0xffff;
backup = backup | 0x0004;
outpw(0x300, backup);           /*** read 1 ***/
ch=inp(0x301);
putc(ch, stream);
backup = backup | 0x0010;
outpw(0x300, backup);           /*** sampling -> read ***/

fclose(stream);
}

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM1801 Video Sync Separator

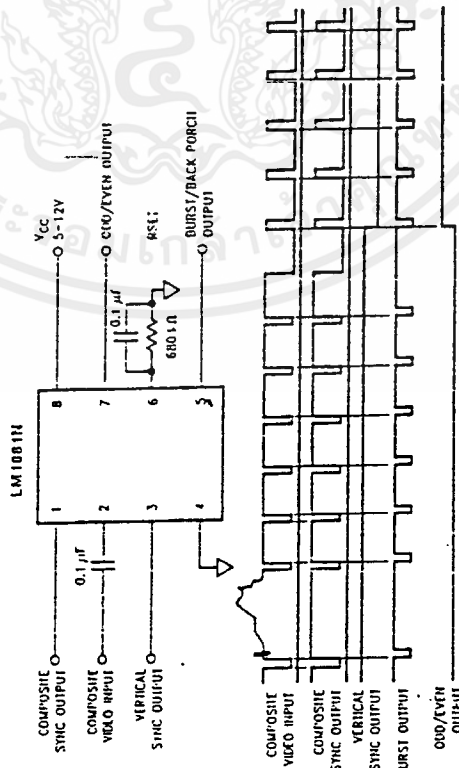
General Description

The LM1801 Video sync separator extracts timing information including composite and vertical sync, burst/back porch, and odd/even field information from standard non-jpeg video signals. PAL, SECAM, and SECAM video signals with amplitude from 0.5V to 2V p-p. The integrated circuit is also capable of providing sync separation for non-standard, vertical or horizontal rate video signals by changing an external horizontal scan rate setting resistor. The vertical output is produced on the rising edge of the first serration in the vertical sync period. A default vertical output is produced after a time delay if the rising edge mentioned above does not occur within the internally set delay period, such as might be the case for a non-standard video signal.

Features

- AC coupled composite input signal
- > 10 kΩ input resistance
- < 10 mA power supply drain current
- Composite sync and vertical outputs
- Odd/even field output
- Burst gate/back porch output
- Resistor programmable horizontal scan rate (up to 64 kHz)
- Edge triggered vertical output
- Default triggered vertical output for non-standard video signal (video games home computers)

Connection Diagram



Order Number LM1801M or LM1801H
See HS Package Number M08A or N08E

11/01/95

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

- Supply Voltage: 13.2V
- Input Voltage: 3V p-p
- Output Sink Current: Pins 1, 3, 5: 5 mA
- Output Sink Current: Pin 7: 2 mA
- Package Dissipation (Note 1): 1100 mW
- Operating Temperature Range: 0°C - 70°C

- Storage Temperature Range: -65°C to +150°C
- ESD Susceptibility (Note 2): 2 kV
- Soldering Information: 250°C
- Dual-In-Line Package (10 sec.): 250°C
- Small Outline Package: 215°C
- Vapor Phase (60 sec.): 230°C
- Infrared (15 sec.): 230°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics

V_{CC} = 5V; f_{test} = 600 kHz; T_A = 25°C; Unless otherwise specified

Parameter	Conditions		Typ	Tested Limit (Note 3)	Design Limit (Note 4)	Units (Limits)
	Outputs at Logic 1	V _{CC} = 5V V _{CC} = 12V				
Supply Current	Pin 2		5.2	10		mAmax
DC Input Voltage	Pin 2		5.5	12		mVmax
Input Threshold Voltage	No pin		1.2	1.3		V _{th}
Input Discharge Current	No pin		70	65		mVmax
Input Clamp Charge Current	Pin 2; V _{th} = 2V		11	6		μAmax
Reset Pin Reference Voltage	Pin 2; V _{th} = 1V		0.8	0.2		mVmax
Composite Sync & Vertical Outputs	Pin 6; Note 6		1.22	1.10		V _{min}
	I _{OUT} = -10 μA; Logic 1	V _{CC} = 5V V _{CC} = 12V	4.5	4.0		V _{min}
	I _{OUT} = -1.1 mA; Logic 1	V _{CC} = 5V V _{CC} = 12V	3.6	2.4		V _{min}
	I _{OUT} = -40 μA; Logic 1	V _{CC} = 5V V _{CC} = 12V	4.5	4.0		V _{min}
Burst Gate & Odd/Even Outputs	Pin 7		2.7	2.5		μAmax
Composite Sync Output	Pin 9		0.2	0.8		V _{min}
Vertical Sync Output	Pin 10		0.2	0.8		V _{min}
Burst Gate Output	Pin 11		0.2	0.8		V _{min}
Odd/Even Output	Pin 12		0.2	0.8		V _{min}
Vertical Sync Width	Pin 13		230	190		μsmin
Burst Gate Width	Pin 14		4	300		μsmax
Vertical Definitive Time	Note 7		65	32		μsmin

Note 1: For operation in ambient temperatures above 75°C, the device must be derated based on a 100°C maximum junction temperature and a 300°C maximum case temperature of 110°C (T_J, junction to ambient).

Note 2: I_{SD} and I_{SD} are measured using the "turn-in" body model, 100 pF distributed input through a 1.5 kΩ resistor.

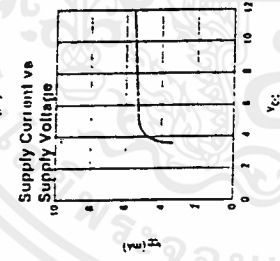
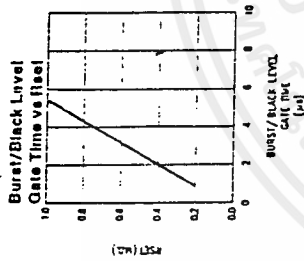
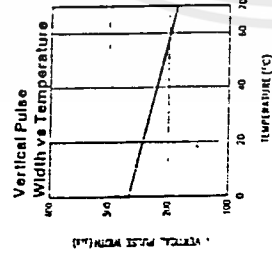
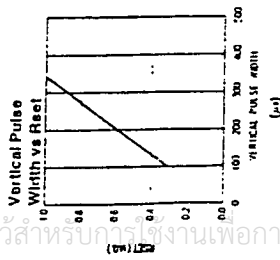
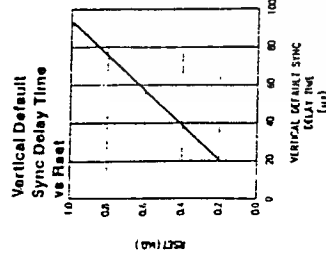
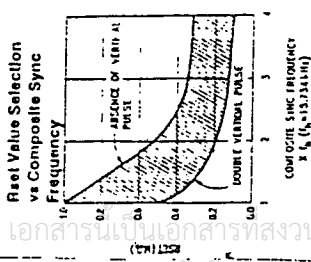
Note 3: Typical values are at T_A = 25°C and represent the most likely parameter norm.

Note 4: Test limits are guaranteed to National's AQCC (Average Outgoing Quality Level).

Note 5: Failure definition is between the input clamp voltage and the minimum input voltage which produces a horizontal burst of pulses.

Note 6: Critical attention should be made to prevent parasitic capacitance coupling from any output pin (pins 1, 3, 5, and 7) to the other pins.

Typical Performance Characteristics



Application Notes

The LM1881 is designed to strip the synchronization signals from composite video sources that are in, or similar to, the N.T.S.C. format. Input signals with positive polarity video (increasing signal voltage signification increasing scene brightness) from 0.5V (p-p) to 2V (p-p) can be accommodated. The LM1881 operates from a single supply voltage between 5V DC and 12V DC. The only required external components beside power supply and set current decoupling are the input coupling capacitor and a single resistor that sets internal current levels, following the LM1881 to be adjusted for source signals with line scan frequencies differing from 15.734 kHz. Four major sync signals are available from the I/C: composite sync including both horizontal and vertical scan timing information; a vertical sync pulse; a burst gate or back porch clamp pulse; and an odd/even output. The odd/even output level identifies which video field of an interlaced video source is present at the input. The outputs from the LM1881 can be used to gate-lock video camera/VTR signals with graphics sources, provide identification of video fields for memory storage, recover suppression or contamination signals, and provide timing references for the extraction of coded or recorded data on specific video scan lines.

To better understand the LM1881 timing information and the type of signals that are used, refer to Figure 2(a-e) which shows a portion of the composite video signal from the end of one field through the beginning of the next field.

COMPOSITE SYNC OUTPUT

The composite sync output, Figure 2(b), is simply a reproduction of the signal waveform below the composite video black level, with the video completely removed. This is obtained by clamping the video signal sync tips to 1.5V DC at Pin 2 and using a comparator threshold set just above this voltage to strip the sync signal, which is then buffered out to Pin 1. The threshold separation from the clamped sync tips is nominally 70 mV which means that for the minimum input level of 0.5V (p-p), the clipping level is close to the halfway point on the sync pulse amplitude (shown by the dashed line on Figure 2(a)). This threshold separation is independent of the signal amplitude, therefore, for a 2V (p-p) input the clipping level occurs at 11% of the sync pulse amplitude. The charging current for the input coupling capacitor is 0.0 mA, whereas the discharge current is only 11 μ A, typically. This allows relatively small capacitor values to be used—0.1 μ F is generally recommended.

Normally, the signal source for the LM1881 is assumed to be clean and relatively noise-free, but some sources may have excessive video peaking, causing high frequency video and chroma components to extend below the black level reference. Some video discs keep the chroma burst pulse present throughout the vertical blanking period so that the burst actually appears on the sync tips for three line periods instead of at black level. A clean composite sync signal can be generated from these sources by filtering the input signal. When the source impedance is low, typically 75 Ω , a 680 Ω resistor in series with the source and a 510 pF capacitor to ground will form a low pass filter with a corner frequency of 520 kHz. This bandwidth is more than sufficient to pass the sync pulse portion of the waveform; however, any chroma content in the signal will be attenuated by almost 16 dB, effectively taking it below the comparator threshold. Flushing will also help if the source is contaminated with thermal noise. The output waveforms will become delay/pd

from between 40 ns to as much as 200 ns due to this filter. This much delay will not usually be significant but it does contribute to the sync delay produced by any additional signal processing. Since the original video may also undergo processing, the need for time delay correction will depend on the total system, not just the sync stripper.

VERTICAL SYNC OUTPUT

A vertical sync output is derived by internally integrating the composite sync waveform (Figure 2). Horizontal sync pulses are not able to charge the integrating capacitor sufficiently because of their short duty cycle, but when the vertical trace interval is reached, the broad serrated pulse charges the capacitor past a fixed threshold. Once the threshold is reached, the next serration in the sync waveform triggers an R-S flipflop and starts the vertical output pulse at Pin 3. Simultaneously an internal oscillator begins clocking a counter. When a count of eight is reached the vertical output pulse is terminated and the circuit resets. Both the logic required to reach the integrator threshold and the period of the oscillator are programmed by an external resistor at Pin 6. For an N.T.S.C. signal with 32 μ s between serrations, a 680 k Ω resistor will ensure the vertical output pulse will start coincident with the leading edge of the first vertical serration (Figure 2c) if the resistor value goes too small it becomes possible for the oscillator circuit to time out before the input vertical sync period has ended. When this is the case, the sequence will repeat and a double vertical output pulse will appear. Therefore, the resistor value for a given horizontal scan rate is chosen small enough to trigger the vertical output pulse on the first serration yet not so small as to give a double pulse, rather than attempting to choose a value that gives a specific output pulse width. If the incoming vertical sync is not serrated, the integrating capacitor is allowed to charge to a second threshold which automatically initiates the vertical output pulse sequence. In this instance, the start of the vertical pulse as well as the pulse period will be dependent on the resistor value.

ODD/EVEN FIELD PULSE

An unusual feature of LM1881 is an output level from Pin 7 that identifies the video field present at the input to the LM1881. This can be useful in frame memory storage applications or in extracting test signals that occur only in alternate fields. For a composite video signal that is interlaced, one of the two fields that make up each video frame or picture must have a half horizontal scan line period at the end of the vertical scan—i.e., at the bottom of the picture. This is called the "odd field" or "field 1". The "even field" or "field 2" has a complete horizontal scan line at the end of the field. An odd field starts on the leading edge of the first equalizing pulse, whereas the even field starts on the leading edge of the second equalizing pulse of the vertical trace interval. Figure 2(d) shows the end of the even field and the start of the odd field.

To detect the odd/even fields the LM1881 again integrates the composite sync waveform (Figure 2). A capacitor is charged during the period between sync pulses and discharged when the sync pulse is present. The period between normal horizontal sync pulses is enough to allow the capacitor voltage to reach a threshold level of a comparator that closes a flipflop which is also being clocked by the sync waveform. When the vertical interval is reached, the shorter integration time between equalizing pulses prevents this

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่อาจรวมได้ ทั้งสิ้น ลิขสิทธิ์งานนี้ให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM1886 TV Video Matrix D to A

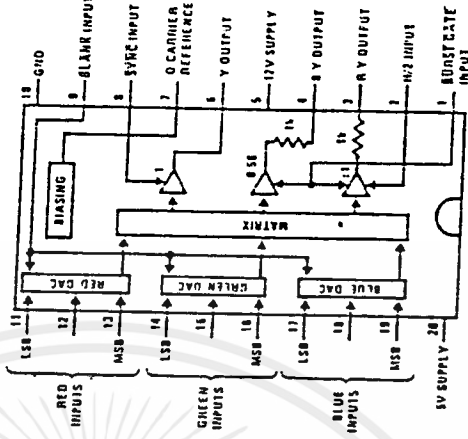
General Description

The LM1886 is a TV video matrix D to A converter which encodes luminance and color difference signals from 3-bit red, green and blue inputs. The luminance output is encoded from the NTSC equation $Y = 0.3R + 0.59G + 0.11B$ and the R-Y and B-Y outputs are weighted to prevent over-modulation. A built-in R-Y and burst gate polarity switch allows European PAL compatible signals to be encoded. All output levels including an RF O Carrier Bias Voltage have been referenced to 5V for direct connection to the LM1889 TV video modulator. When used in combination with the LM1889 and a suitable sync generator, 3-bit, R, G and B information may be encoded to both composite video and RF channel carrier.

Features

- Complete digital to RF coding with LM1889
- 1-pin PAL/NTSC mode select
- True NTSC matrix
- 8 levels of grey scale
- Allows wide range of colorimetry
- Low power TTL inputs
- Wideband luminance output
- Weighted R-Y, B-Y outputs

Connection Diagram



LM1886-1

Top View
FIGURE 1

Order Number: LM1886N
See NS Package Number 420A

Typical Applications

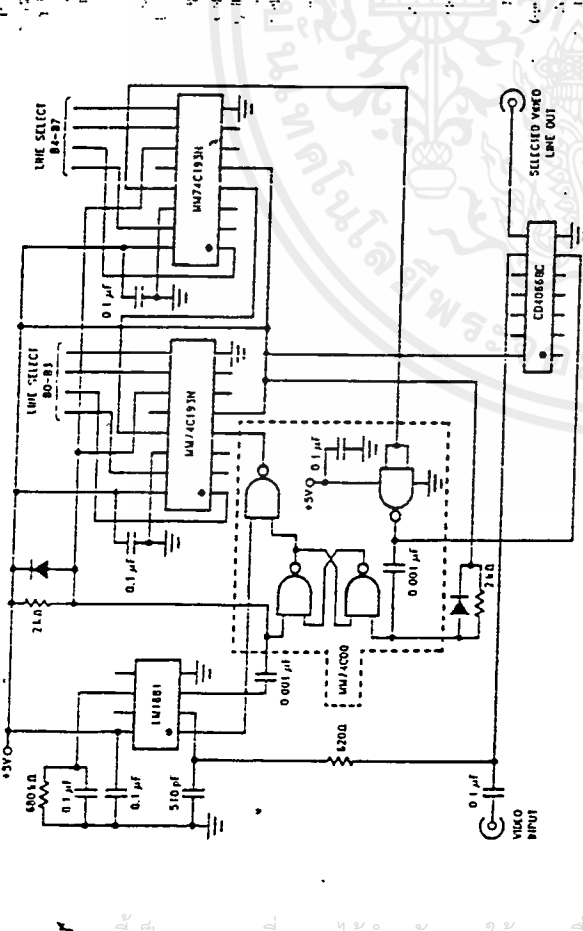


FIGURE 4. Video Line Selector

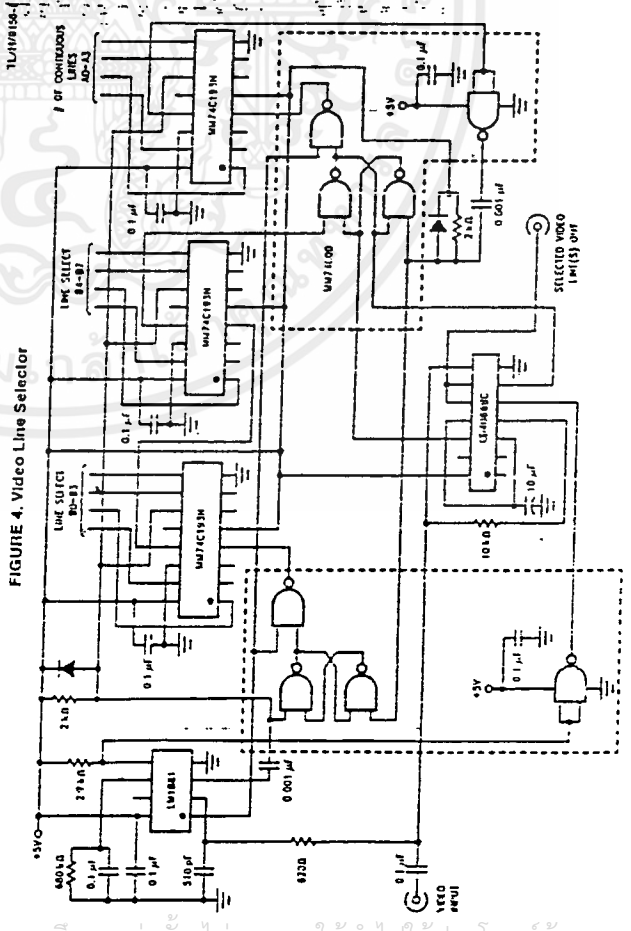


FIGURE 5. Multiple Continuous Video Line Selector With Black Level Restoration

MB81C4256-70/-80/-10/-12

CMOS 1,048,576 BIT FAST PAGE MODE DYNAMIC RAM

CMOS 256 x 4 Bits Fast Page Mode DRAM

The Fujitsu MB81C4256 is a CMOS, fully decoded dynamic RAM organized as 262,144 words x 4 bits. The MB81C4256 has been designed for mainframe memories, buffer memories, and video image memories requiring high speed and high bandwidth output with low power dissipation.

Fujitsu's advanced three-dimensional stacked capacitor cell technology gives the MB81C4256 high α -ray soft error immunity. CMOS technology is used in the peripheral circuits to provide low power dissipation and high speed operation.

This specification applies to the BC die revision that was developed to realize faster access time. Faster speed versions (70 and 80 ns) are available on this chip.

Features

Parameter	MB81C4256 -70	MB81C4256 -80	MB81C4256 -10	MB81C4256 -12
RAS Access Time	70 ns max.	80 ns max.	100 ns max.	120 ns max.
Random Cycle Time	140 ns min.	155 ns min.	180 ns min.	210 ns min.
Address Access Time	43 ns max.	45 ns max.	50 ns max.	60 ns max.
CAS Access Time	25 ns max.	25 ns max.	25 ns max.	35 ns max.
Fast Page Mode Cycle Time	53 ns min.	55 ns min.	60 ns min.	70 ns min.
Low Power Dissipation * Operating Current	413 mW max.	385 mW max.	330 mW max.	275 mW max.
* Standby Current	11 mW max. (TTL level)/5.5 mW max. (CMOS level)			

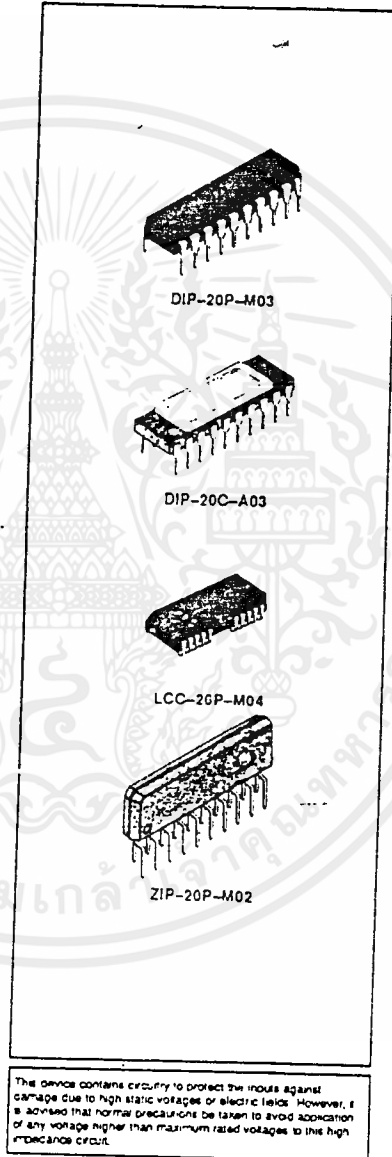
- 262,144 words x 4 bits organization
- Silicon gate, CMOS, 3D-Stacked Capacitor Cell
- All input and output are TTL compatible
- 512 refresh cycles every 8.2 ms
- Early write or OE controlled write capability
- RAS only, CAS-before-RAS, or Hidden Refresh
- Fast Page Mode, Read-Modify-Write capability
- On-chip substrate bias generator for high performance

Absolute Maximum Ratings (See Note)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Voltage at any pin relative to V_{SS}	V_{IN}, V_{OUT}	-1 to +7	V
Voltage of V_{CC} supply relative to V_{SS}	V_{CC}	-1 to +7	V
Power Dissipation	PD	1.0	W
Port Circuit Output Current	—	50	mA
Storage Temperature	Ceramic	T_{STG}	°C
	Plastic		

Note: Permanent device damage may occur if absolute maximum ratings are exceeded. Functional operation should be restricted to the conditions as detailed in the operation sections of this data sheet. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

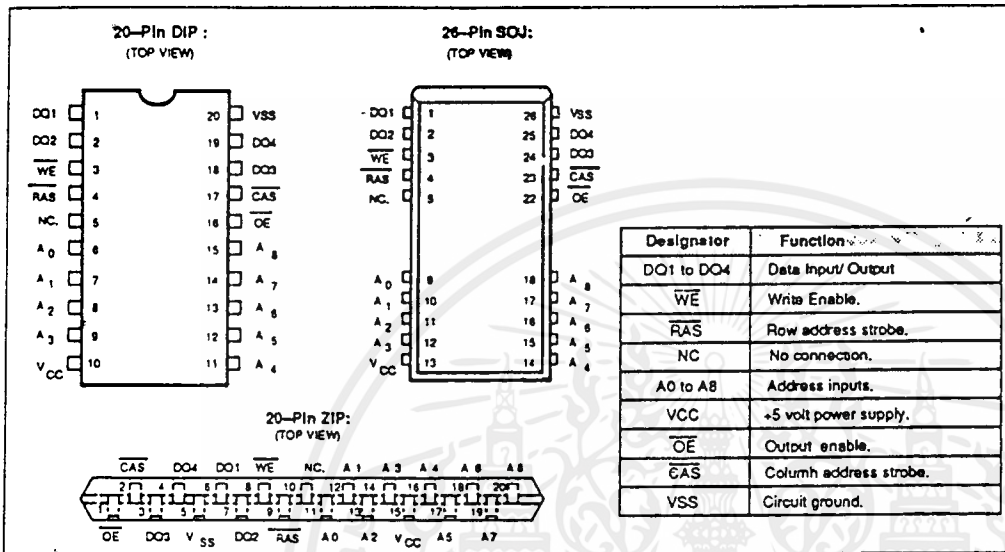
© 1990 by FUJITSU LIMITED and Fujitsu Microelectronics, Inc.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MB81C4256-70
 MB81C4256-80
 MB81C4256-10
 MB81C4256-12

PIN ASSIGNMENTS AND DESCRIPTIONS



2

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Parameter	Notes	Symbol	Min	Typ	Max	Unk	Ambient Operating Temp
Supply Voltage	1	V _{CC}	4.5	5.0	5.5	V	0 °C to -70 °C
		V _{SS}	0	0	0	V	
Input High Voltage, all inputs	1	V _{IH}	2.4	—	6.5	V	
Input Low Voltage, all inputs	1	V _{IL}	-2.0	—	0.8	V	
Input Low Voltage, DO(*)	1	V _{ILD}	-1.0	—	0.8	V	

*: Undershoots of up to -2.0 volts with a pulse width not exceeding 20ns are acceptable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MB81C4256-70
MB81C4256-80
MB81C4256-10
MB81C4256-12

FUNCTIONAL OPERATION

ADDRESS INPUTS

Eighteen input bits are required to decode any four of 1,048,576 cell addresses in the memory matrix. Since only nine address bits are available, the column and row inputs are separately strobed by $\overline{\text{CAS}}$ and $\overline{\text{RAS}}$ as shown in Figure 1. First, nine row address bits are input on pins A0-through-A8 and latched with the row address strobe ($\overline{\text{RAS}}$); then, nine column address bits are input and latched with the column address strobe ($\overline{\text{CAS}}$). Both row and column addresses must be stable on or before the falling edge of $\overline{\text{CAS}}$ and $\overline{\text{RAS}}$, respectively. The address latches are of the flow-through type; thus, address information appearing after t_{AH} (min) is automatically treated as the column address.

WRITE ENABLE

The read or write mode is determined by the logic state of $\overline{\text{WE}}$. When $\overline{\text{WE}}$ is active Low, a write cycle is initiated; when $\overline{\text{WE}}$ is High, a read cycle is selected. During the read mode, input data is ignored.

DATA INPUT

Input data is written into memory in either of three basic ways—an early write cycle, an $\overline{\text{OE}}$ (delayed) write cycle, and a read-modify-write cycle. The falling edge of $\overline{\text{WE}}$ or $\overline{\text{CAS}}$, whichever is later, serves as the input data-latch strobe. In an early write cycle, the input data (DQ1-DQ4) is strobed by $\overline{\text{CAS}}$ and the setup/hold times are referenced to $\overline{\text{CAS}}$ because $\overline{\text{WE}}$ goes Low before $\overline{\text{CAS}}$. In a delayed write or a read-modify-write cycle, $\overline{\text{WE}}$ goes Low after $\overline{\text{CAS}}$; thus, input data is strobed by $\overline{\text{WE}}$ and all setup/hold times are referenced to the write-enable signal.

DATA OUTPUT

The three-state buffers are TTL compatible with a fanout of two TTL loads. Polarity of the output data is identical to that of the input; the output buffers remain in the high-impedance state until the column address strobe goes Low. When a read or read-modify-write cycle is executed, valid outputs are obtained under the following conditions:

TRAC : from the falling edge of $\overline{\text{RAS}}$ when t_{RACD} (max) is satisfied

ICAC : from the falling edge of $\overline{\text{CAS}}$ when t_{RACD} is greater than t_{RACD} , t_{RAD} (max).

IAA : from column address input when t_{RAD} is greater than t_{RAD} (max).

IOEA : from the falling edge of $\overline{\text{OE}}$ when $\overline{\text{OE}}$ is brought Low after t_{RACD} , t_{ICAC} , or t_{IAA} .

The data remains valid until either $\overline{\text{CAS}}$ or $\overline{\text{OE}}$ returns to a High logic level. When an early write is executed, the output buffers remain in a high-impedance state during the entire cycle.

MB81C4256-70
 MB81C4256-80
 MB81C4256-10
 MB81C4256-12

DC CHARACTERISTICS

(Recommended operating conditions unless otherwise noted) Notes 3

Parameter	Notes	Symbol	Conditions	Value			Unit
				Min	Typ	Max	
Output high voltage		V_{OH}	$I_{OH} = -5 \text{ mA}$	2.4	—	—	V
Output low voltage		V_{OL}	$I_{OL} = 4.2 \text{ mA}$	—	—	0.4	V
Input leakage current (any input)		I_{IL}	$0 \text{ V} \leq V_{IN} \leq 5.5 \text{ V}$, $4.5 \text{ V} \leq V_{CC} \leq 5.5 \text{ V}$; $V_{SS} = 0 \text{ V}$. All other pins under test = 0V	-10	—	10	μA
Output leakage current		I_{OL1}	$0 \text{ V} < V_{out} \leq 5.5 \text{ V}$, Data out disabled	-10	—	10	μA
Operating current (Average Power supply Current) 2	MB81C4256-70	I_{CC1}	$\overline{\text{RAS}}$ & $\overline{\text{CAS}}$ cycling, $I_{AC} = \text{min}$	—	—	75	mA
	MB81C4256-80					70	
	MB81C4256-10					60	
	MB81C4256-12					50	
Standby current (Power supply current)	TTL level	I_{CC2}	$\overline{\text{RAS}} = \overline{\text{CAS}} = V_{IL}$	—	—	2.0	mA
	CMOS level		$\overline{\text{RAS}} = \overline{\text{CAS}} \geq V_{CC} - 0.2 \text{ V}$			1.0	
Refresh current #1 (Average power sup- ply current) 2	MB81C4256-70	I_{CC3}	$\overline{\text{CAS}} = V_{IH}$, $\overline{\text{RAS}}$ cycling, $I_{AC} = \text{min}$	—	—	70	mA
	MB81C4256-80					65	
	MB81C4256-10					55	
	MB81C4256-12					45	
Fast Page Mode current 2	MB81C4256-70	I_{CC4}	$\overline{\text{RAS}} = V_{IL}$, $\overline{\text{CAS}}$ cycling, $I_{AC} = \text{min}$	—	—	47	mA
	MB81C4256-80					45	
	MB81C4256-10					40	
	MB81C4256-12					33	
Refresh current #2 (Average power sup- ply current) 2	MB81C4256-70	I_{CC5}	$\overline{\text{RAS}}$ cycling, $\overline{\text{CAS}}$ before $\overline{\text{RAS}}$, $I_{AC} = \text{min}$	—	—	70	mA
	MB81C4256-80					65	
	MB81C4256-10					55	
	MB81C4256-12					45	

2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MB81C4256-70
 MB81C4256-80
 MB81C4256-10
 MB81C4256-12

AC CHARACTERISTICS

(At recommended operating conditions unless otherwise noted.) Notes 3, 4, 5

No.	Parameter	Notes	Symbol	MB81C4256-70		MB81C4256-80		MB81C4256-10		MB81C4256-12		Unit
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
1	Time Between Refresh		t_{BR}	—	8.2	—	8.2	—	8.2	—	8.2	ns
2	Random Read/Write Cycle Time		t_{RC}	140	—	155	—	180	—	210	—	ns
3	Read-Modify-Write Cycle Time		t_{RWC}	197	—	212	—	240	—	275	—	ns
4	Access Time from RAS	6.9	t_{RAC}	—	70	—	80	—	100	—	120	ns
5	Access Time from CAS	7.9	t_{CAC}	—	25	—	25	—	25	—	35	ns
6	Column Address Access Time	8.9	t_{AA}	—	43	—	45	—	50	—	60	ns
7	Output Hold Time		t_{OH}	7	—	7	—	7	—	7	—	ns
8	Output Buffer Turn On Delay Time		t_{ON}	5	—	5	—	5	—	5	—	ns
9	Output Buffer Turn off Delay Time	10	t_{OFF}	—	25	—	25	—	25	—	25	ns
10	Transition Time		t_v	3	50	3	50	3	50	3	50	ns
11	RAS Precharge Time		t_{RP}	60	—	65	—	70	—	80	—	ns
12	RAS Pulse Width		t_{RAS}	70	100000	80	100000	100	100000	120	100000	ns
13	RAS Hold Time		t_{RSH}	25	—	25	—	25	—	35	—	ns
14	CAS to RAS Precharge Time		t_{CRP}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
15	RAS to CAS Delay Time	11.12	t_{RCD}	20	45	22	55	25	75	25	85	ns
16	CAS Pulse Width		t_{CAS}	25	—	25	—	25	—	35	—	ns
17	CAS Hold Time		t_{CSH}	70	—	80	—	100	—	120	—	ns
18	CAS Precharge Time (C-B-R cycle)	19	t_{CPN}	10	—	10	—	10	—	15	—	ns
19	Row Address Set Up Time		t_{ASR}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
20	Row Address Hold Time		t_{RAH}	10	—	12	—	15	—	15	—	ns
21	Column Address Set Up Time		t_{ASC}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
22	Column Address Hold Time		t_{CAH}	15	—	15	—	15	—	20	—	ns
23	RAS to Column Address Delay Time	13	t_{RAD}	15	27	17	35	20	50	20	50	ns
24	Column Address to RAS Lead Time		t_{RAL}	43	—	45	—	50	—	60	—	ns
25	Read Command Set Up Time		t_{RCS}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
26	Read Command Hold Time Referenced to RAS	14	t_{RRH}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
27	Read Command Hold Time Referenced to CAS	14	t_{RCH}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
28	Write Command Set Up Time	15	t_{WRS}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
29	Write Command Hold Time		t_{WRH}	15	—	15	—	15	—	20	—	ns
30	\overline{WE} Pulse Width		t_{WE}	15	—	15	—	15	—	20	—	ns
31	Write Command to RAS Lead Time		t_{RWL}	22	—	22	—	25	—	30	—	ns
32	Write Command to CAS Lead Time		t_{CWL}	17	—	17	—	20	—	25	—	ns
33	DIN set Up Time		t_{DS}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
34	DIN Hold Time		t_{DH}	15	—	15	—	15	—	20	—	ns

AC CHARACTERISTICS (Continued)

(At recommended operating conditions unless otherwise noted.) Notes 3, 4, 5

No.	Parameter	Notes	Symbol	MB81C4256-70		MB81C4256-80		MB81C4256-10		MB81C4256-12		Unit
				Min	Max	Min	Max	Min	Max	Min	Max	
35	RAS Precharge time to CAS Active Time (Refresh cycles)		t_{RAC}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
36	CAS Set Up Time for CAS-before-RAS Refresh		t_{CSP}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
37	CAS Hold Time for CAS-before-RAS Refresh		t_{CHR}	15	—	15	—	15	—	20	—	ns
38	Access Time from OE	9	t_{CEA}	—	22	—	22	—	22	—	30	ns
39	Output Buffer Turn Off Delay from OE	10	t_{OEZ}	—	25	—	25	—	25	—	25	ns
40	OE to \overline{RAs} Hold Time for Valid Data		t_{OH}	10	—	10	—	10	—	10	—	ns
41	OE Hold Time Referenced to \overline{WE}	16	t_{OH1}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
42	OE to Data In Delay Time		t_{ODI}	25	—	25	—	25	—	25	—	ns
43	DIN to CAS Delay Time	17	t_{DCC}	?	—	0	—	0	—	0	—	ns
44	DIN to OE Delay Time	17	t_{DZO}	0	—	0	—	0	—	0	—	ns
45	Access Time from CAS (Counter Test Cycle)		t_{CAT}	—	43	—	45	—	50	—	60	ns
50	Fast Page Mode Read/Write Cycle Time		t_{FC}	53	—	55	—	60	—	70	—	ns
51	Fast Page Mode Read-Modify-Write Cycle Time		t_{FMWC}	105	—	107	—	115	—	130	—	ns
52	Access Time from CAS Precharge	9,18	t_{CPA}	—	53	—	55	—	60	—	70	ns
53	Fast Page Mode CAS Precharge Time		t_{CP}	10	—	10	—	10	—	15	—	ns

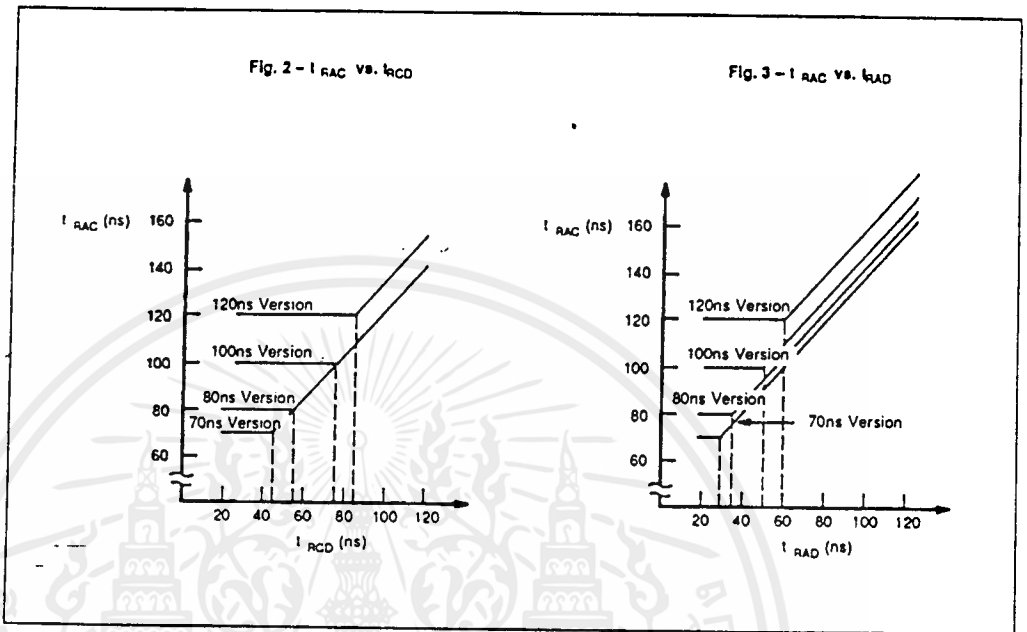
Notes:

- Referenced to VSS
- ICC depends on the output load conditions and cycle rates. The specified values are obtained with the output open. ICC depends on the number of address change as $\overline{RAS} = V_{IH}$ and $\overline{CAS} = V_{IH}$. ICC1, ICC2 and ICC3 are specified at three time of address change during $\overline{RAS} = V_{IH}$ and $\overline{CAS} = V_{IH}$. ICC4 is specified at one time of address change during $\overline{RAS} = V_{IH}$ and $\overline{CAS} = V_{IH}$.
- An initial pause ($\overline{RAS} = \overline{CAS} = V_{IH}$) of 200µs is required after power up followed by any eight \overline{RAS} -only cycles before proper device operation is achieved. In case of using internal refresh counter, a minimum of eight \overline{CAS} -before- \overline{RAS} initialization cycles instead of 8 \overline{RAS} cycles are required.
- AC characteristics assume $t_r = 5ns$
- V_{IH} (min) and V_{IL} (max) are reference levels for measuring timing of input signals. Also transition times are measured between V_{IH} (min) and V_{IL} (max)
- Assumes that $t_{RAC} \leq t_{RAC} (max)$, $t_{RAD} \leq t_{RAD} (max)$. If t_{RAC} is greater than the maximum recommended value shown in this table, t_{RAC} will be increased by the amount that t_{RAC} exceeds the value shown. Refer to Fig 2 and 3
- Assumes that $t_{RAC} \geq t_{RAC} (max)$, $t_{RAD} \geq t_{RAD} (max)$. If $t_{RAC} \geq t_{RAC} (max) - t_{CAC} - t_r$, access time is t_{CAC}
- If $t_{RAD} \geq t_{RAD} (max)$ and $t_{RAC} \leq t_{RAC} (max) - t_r$, access time is t_{CAC}
- Measured with a load equivalent to two TTL loads and 100 pF.
- t_{OFF} and t_{OEZ} is specified that output buffer change to high impedance state.
- Operation within the $t_{RAC} (max)$ limit ensures that $t_{RAC} (max)$ can be met. $t_{RAC} (max)$ is specified as a reference point only; if t_{RAC} is greater than the specified $t_{RAC} (max)$ limit, access time is controlled exclusively by t_{CAC} or t_{AA} .
- $t_{RAC} (min) = t_{RAH} (min) + 2t_r + t_{CAC} (min)$
- Operation within the $t_{RAD} (max)$ limit ensures that $t_{RAD} (max)$ can be met. $t_{RAD} (max)$ is specified as a reference point only; if t_{RAD} is greater than the specified $t_{RAD} (max)$ limit, access time is controlled exclusively by t_{CAC} or t_{AA} .
- Either t_{RAH} or t_{RCH} must be satisfied for a read cycle.
- t_{RWC} is specified as a reference point only. If $t_{RWC} \geq t_{RWC} (min)$, the data output pin will remain High-Z state through entire cycle.
- Assumes that $t_{RWC} < t_{RWC} (min)$.
- Either t_{R2C} or t_{R2O} must be satisfied.
- t_{CPA} is access time from the selection of a new column address (that is caused by changing \overline{CAS} from 'L' to 'H'). Therefore, if t_{CP} is shortened, t_{CPA} is longer than $t_{CPA} (max)$.
- Assumes that \overline{CAS} -before- \overline{RAS} refresh, \overline{CAS} -before- \overline{RAS} refresh counter test cycle only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MB81C4256-70
 MB81C4256-80
 MB81C4256-10
 MB81C4256-12

2



FUNCTIONAL TRUTH TABLE

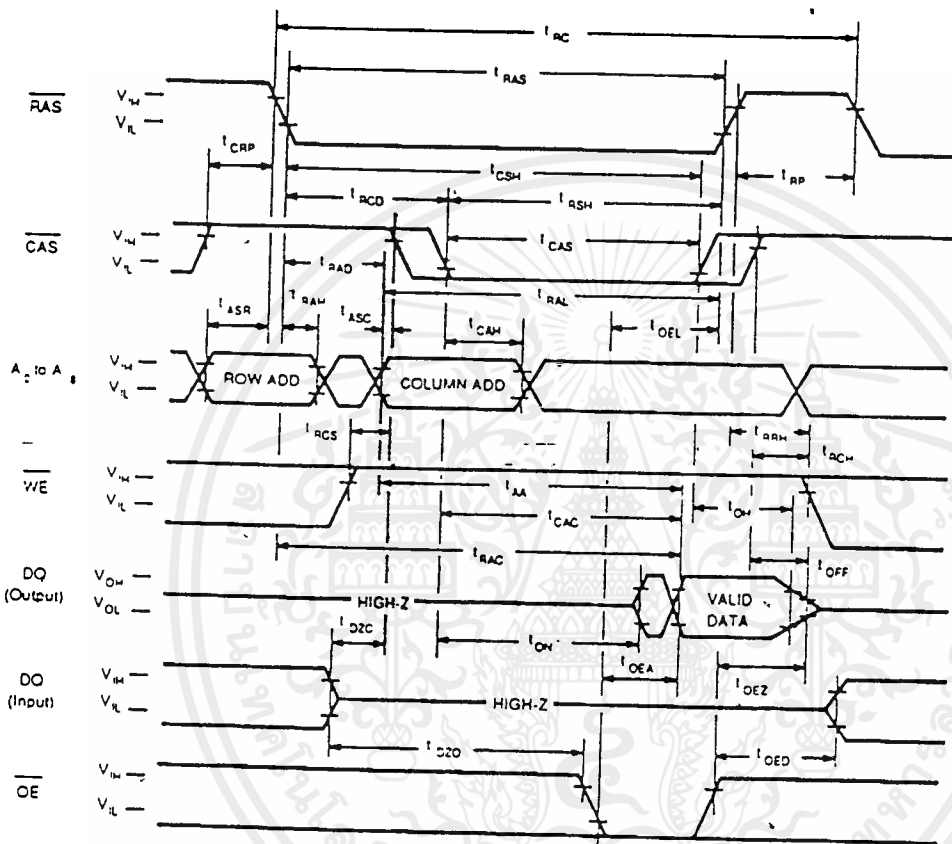
Operation Mode	Clock Input				Address		Input Data		Refresh	Note
	RAS	CAS	WE	OE	Row	Column	Input	Output		
Standby	H	H	X	X	—	—	—	High-Z	—	
Read Cycle	L	L	H	L	Valid	Valid	—	Valid	Yes *	$t_{RCS2} t_{RCS}$ (min)
Write Cycle (Early Write)	L	L	L	X	Valid	Valid	Valid	High-Z	Yes *	$t_{WCS2} t_{WCS}$ (min)
Read-Modify- Write Cycle	L	L	H→L	L→H	Valid	Valid	Valid	Valid	Yes *	
RAS-only Refresh Cycle	L	H	X	X	Valid	—	—	High-Z	Yes	
CAS-before- RAS Refresh Cycle	L	L	X	X	—	—	—	High-Z	Yes	$t_{CSA2} t_{WCSA}$ (min)
Hidden Refresh	H→L	L	X	L	—	—	—	Valid	Yes	Previous data is kept.

X: "H" or "L"
 *: It is impossible in Fast Page Mode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 4 - READ CYCLE

2



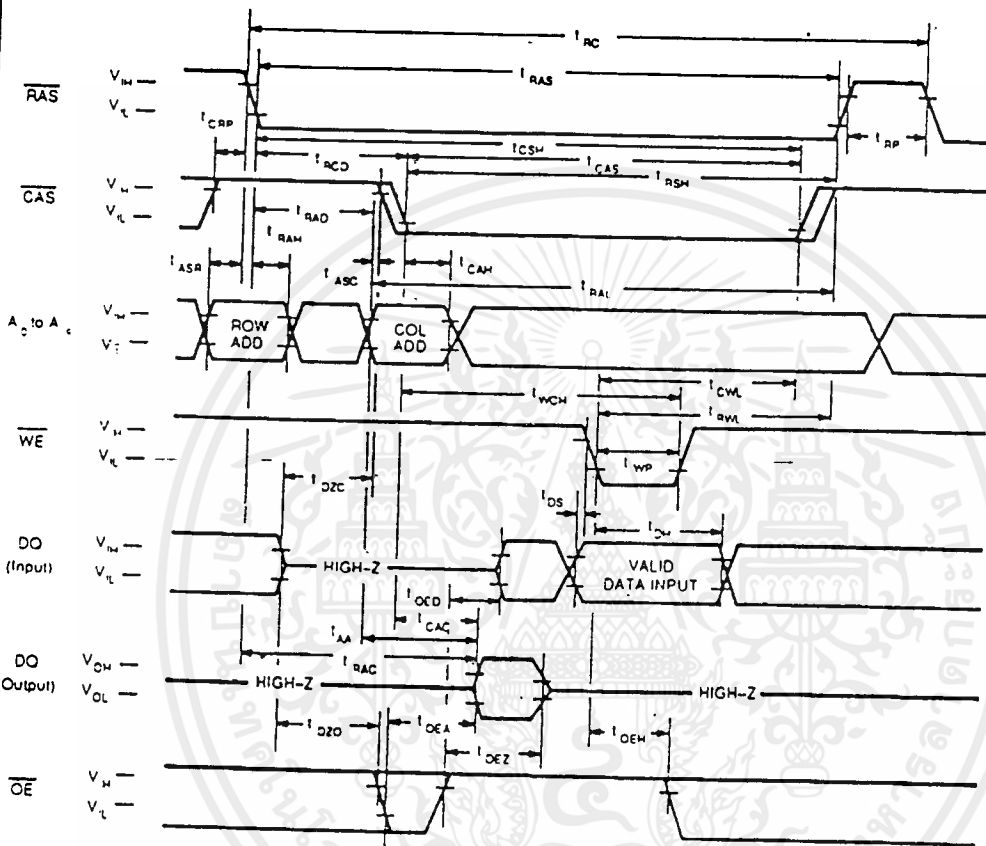
DESCRIPTION

To implement a read operation a valid address is latched in by the $\overline{\text{RAS}}$ and $\overline{\text{CAS}}$ address strobes and with $\overline{\text{WE}}$ set to a High level and $\overline{\text{OE}}$ set to a low level, the output is valid once the memory access time has elapsed. The access time is determined by $\overline{\text{RAS}}$ (t_{RAC}), $\overline{\text{CAS}}$ (t_{CAC}), $\overline{\text{OE}}$ (t_{OEA}) or column addresses (t_{AA}) under the following conditions:
 I: t_{RCD} > t_{RCD} (max), access time = t_{CAC}
 II: t_{RAD} > t_{RAD} (max), access time = t_{AA}
 III: $\overline{\text{OE}}$ is brought Low after t_{RAC}, t_{CAC} or t_{AA} (whichever occurs later) access time = t_{OEA}
 However if either $\overline{\text{CAS}}$ or $\overline{\text{OE}}$ goes High the output returns to a high-impedance state after t_{RCH} is satisfied.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

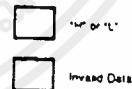
MB81C4256-70
 MB81C4256-80
 MB81C4256-10
 MB81C4256-12

Fig. 6 - \overline{OE} (DELAYED WRITE CYCLE)



2

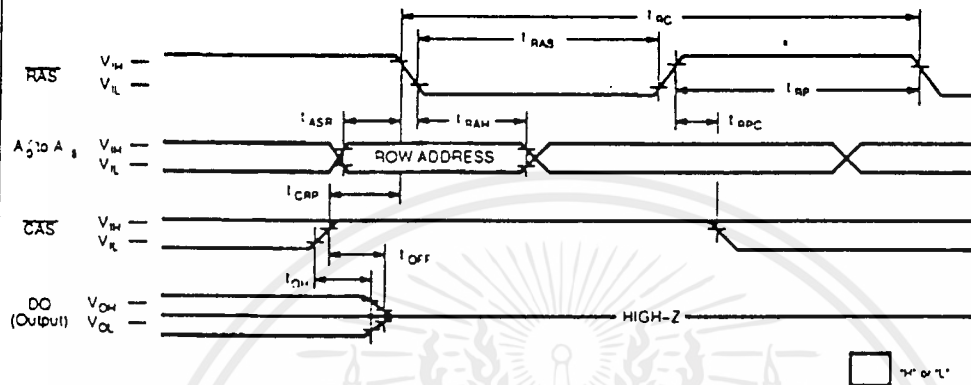
DESCRIPTION



In the \overline{OE} (delayed write) cycle, t_{WCS} is not satisfied, thus the data on the DO pins is latched with the falling edge of \overline{WE} and written into memory. The Output Enable (\overline{OE}) signal must be changed from Low to High before \overline{WE} goes Low ($t_{OED} = t_{DS}$).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 12 - $\overline{\text{RAS}}$ -ONLY REFRESH ($\overline{\text{WE}} = \overline{\text{OE}} = \text{"H" or "L"}$)

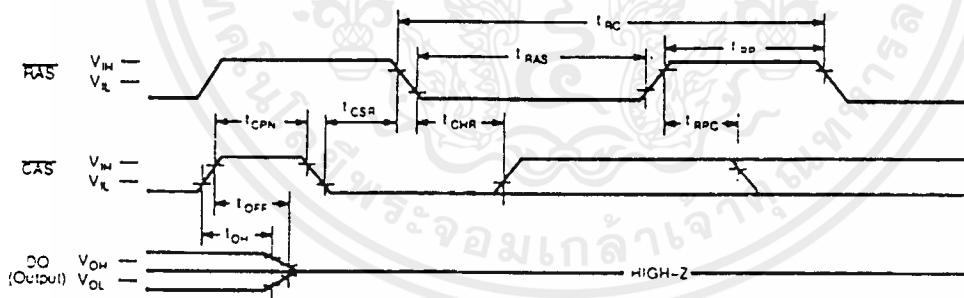


DESCRIPTION

Refresh of RAM memory cells is accomplished by performing a read, a write, or a read-modify-write cycle at each of 512 row addresses every 8 2-milliseconds. Three refresh modes are available: $\overline{\text{RAS}}$ -only refresh, $\overline{\text{CAS}}$ -before- $\overline{\text{RAS}}$ refresh, and hidden refresh.

$\overline{\text{RAS}}$ -only refresh is performed by keeping $\overline{\text{RAS}}$ Low and $\overline{\text{CAS}}$ High throughout the cycle; the row address to be refreshed is latched on the falling edge of $\overline{\text{RAS}}$. During $\overline{\text{RAS}}$ -only refresh, $\overline{\text{DO}}$ pin is kept in a high-impedance state.

Fig. 13 - $\overline{\text{CAS}}$ -BEFORE- $\overline{\text{RAS}}$ REFRESH (ADDRESSES = $\overline{\text{WE}} = \overline{\text{OE}} = \text{"H" or "L"}$)



DESCRIPTION

$\overline{\text{CAS}}$ -before- $\overline{\text{RAS}}$ refresh is an on-chip refresh capability that eliminates the need for external refresh addresses. If $\overline{\text{CAS}}$ is held Low for the specified setup time (t_{CSR}) before $\overline{\text{RAS}}$ goes Low, the on-chip refresh control clock generators and refresh address counter are enabled. An internal refresh operation automatically occurs and the refresh address counter is internally incremented in preparation for the next $\overline{\text{CAS}}$ -before- $\overline{\text{RAS}}$ refresh operation.

MB81C4256-70L/-80L/-10L/-12L

CMOS 1,048,576 BIT FAST PAGE MODE DYNAMIC RAM

CMOS 256 x 4 Bits Fast Page Mode DRAM

The Fujitsu MB81C4256 is a CMOS, fully decoded dynamic RAM organized as 262,144 words x 4 bits. The MB81C4256 has been designed for mainframe memories, buffer memories, and video image memories requiring high speed and high bandwidth output with very low power dissipation for battery operated applications.

Fujitsu's advanced three-dimensional stacked capacitor cell technology gives the MB81C4256 high α -ray soft error immunity and extended refresh time. CMOS technology is used in the peripheral circuits to provide low power dissipation and high speed operation.

This specification applies to the BC die revision that was developed to realize faster access time. Faster speed versions (70 and 80 ns) are available on this chip.

Features

Parameter	MB81C4256 -70L	MB81C4256 -80L	MB81C4256 -10L	MB81C4256 -12L
RAS Access Time	70 ns max.	80 ns max.	100 ns max.	120 ns max.
Random Cycle Time	140 ns min.	155 ns min.	180 ns min.	210 ns min.
Address Access Time	43 ns max.	45 ns max.	50 ns max.	60 ns max.
CAS Access Time	25 ns max.	25 ns max.	25 ns max.	35 ns max.
Fast Page Mode Cycle Time	53 ns min.	55 ns min.	60 ns min.	70 ns min.
Low Power Dissipation				
• Operating Current	396 mW max.	358 mW max.	303 mW max.	259 mW max.
• Standby Current	8.3 mW max. (TTL level) 1.4 mW max. (CMOS level)			

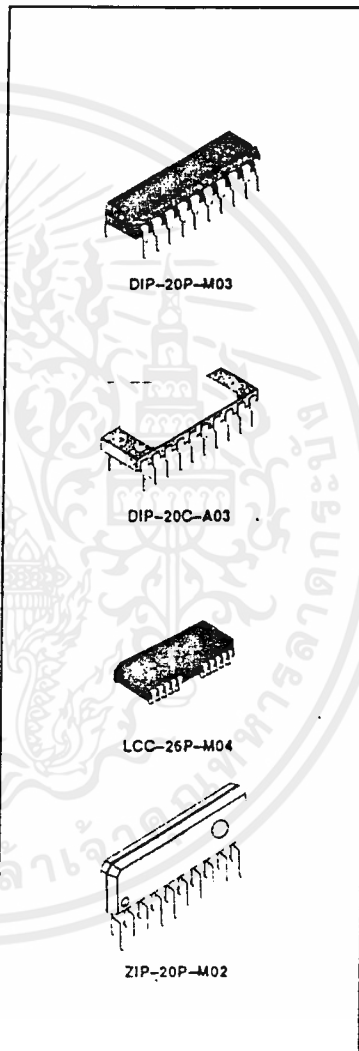
- 262,144 words x 4 bits organization
- Silicon gate, CMOS, 3D-Stacked Capacitor Cell
- All input and output are TTL compatible
- 512 refresh cycles every 64 ms
- Early write or OE controlled write capability
- RAS only, CAS-before-RAS, or Hidden Refresh
- Fast Page Mode, Read-Modify-Write capability
- On-chip substrate bias generator for high performance

Absolute Maximum Ratings (See Note)

Parameter	Symbol	Value	Unit
Voltage at any pin relative to V_{SS}	V_{IN}, V_{OUT}	-1 to +7	V
Voltage of V_{CC} supply relative to V_{SS}	V_{CC}	-1 to +7	V
Power Dissipation	PD	1.0	W
Short Circuit Output Current	—	50	mA
Storage Temperature	Ceramic	T_{STG}	°C
	Plastic		

Note: Permanent device damage may occur if absolute maximum ratings are exceeded. Functional operation should be restricted to the conditions as detailed in the operation sections of this data sheet. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Copyright © 1990 by FUJITSU LIMITED and Fujitsu Microelectronics, Inc.



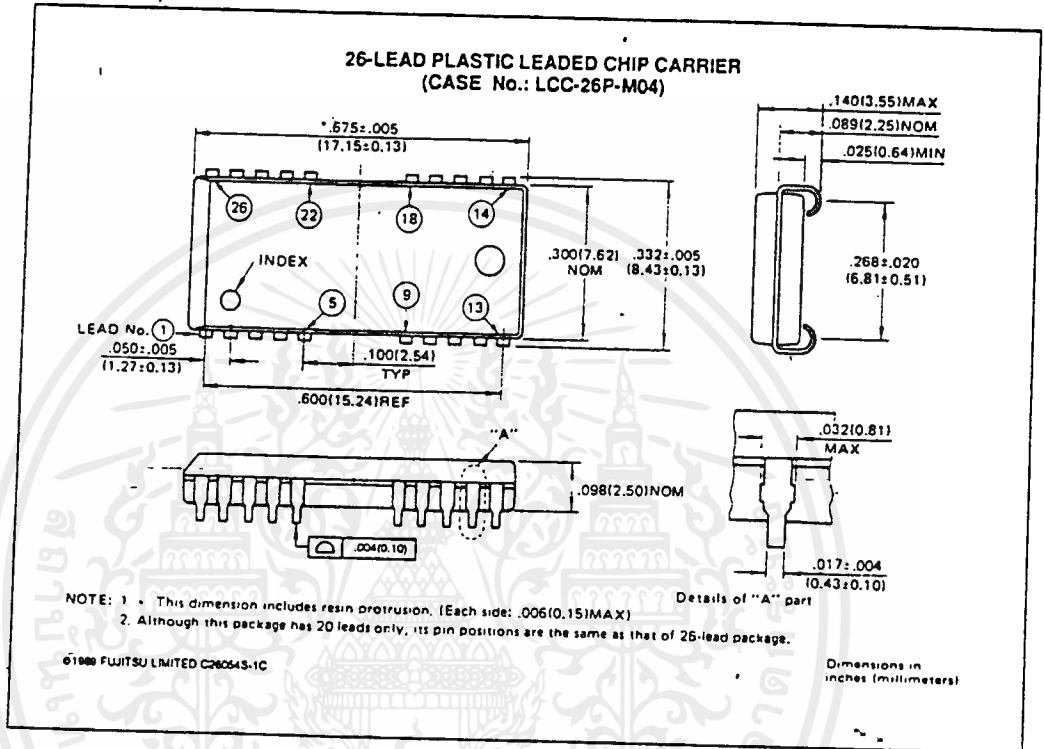
This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages of electric fields. However, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to the high impedance circuit.

2

MB81C4256-70
 MB81C4256-80
 MB81C4256-10
 MB81C4256-12

PACKAGE DIMENSIONS (Continued)

(Suffix : -PJ)



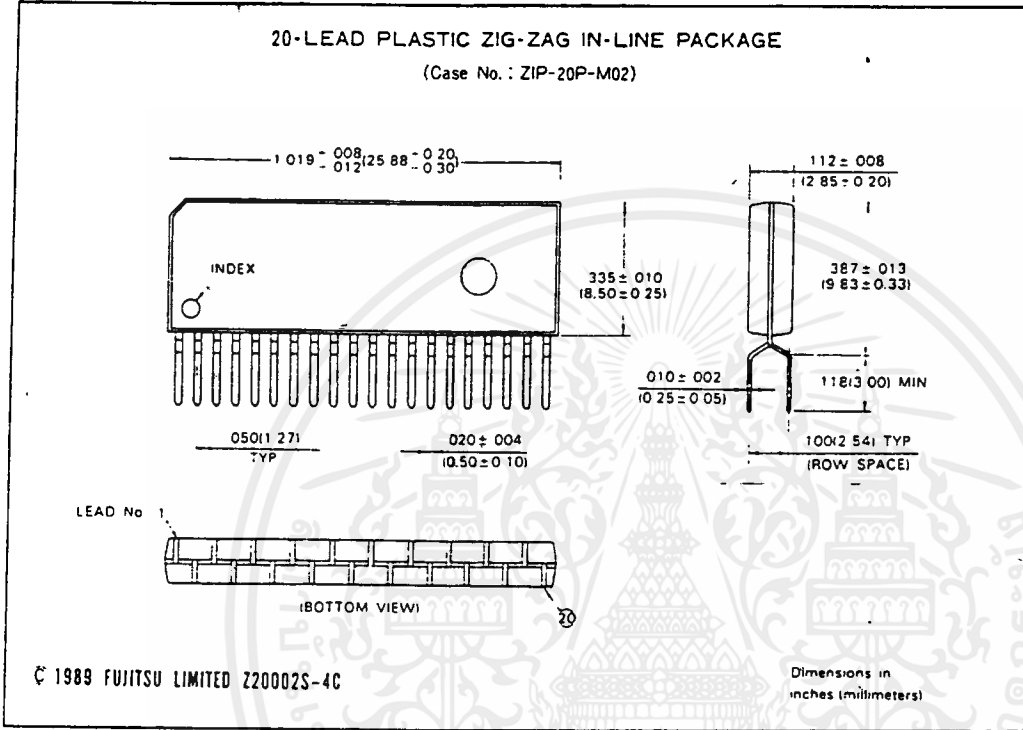
2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MB81C4256-70
 MB81C4256-80
 MB81C4256-10
 MB81C4256-12

PACKAGE DIMENSIONS (Continued)

(Suffix : -PSZ)



2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

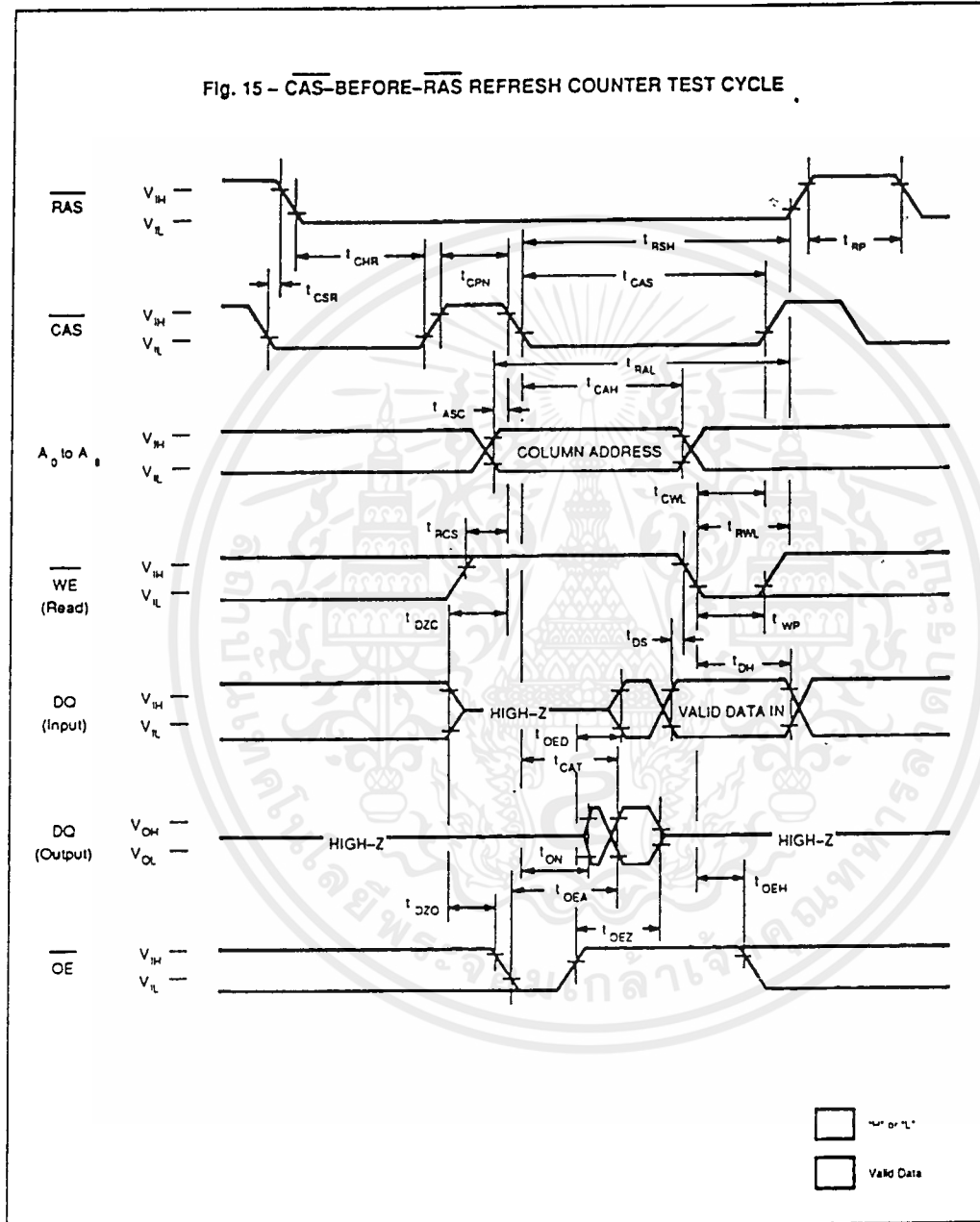
2



2-210

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 15 - $\overline{\text{CAS}}$ -BEFORE- $\overline{\text{RAS}}$ REFRESH COUNTER TEST CYCLE



2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MB81256-80

MOS 262,144 BIT DYNAMIC RANDOM ACCESS MEMORY

262,144 Bit Dynamic Random Access Memory

The Fujitsu MB81256 is a fully decoded, dynamic NMOS random access memory organized as 262,144 one-bit words. The design is optimized for high speed, high performance applications such as mainframe memory, buffer memory, peripheral storage, and environments where low power dissipation and a compact layout are required.

Multiplexed row and column address inputs permit the MB81256 to be housed in standard 16-pin DIP and ZIP packages or an 18-pin PLCC package. Pinouts conform to the JEDEC-approved pinouts. Additionally, the MB81256 offers new functional enhancements that make it more versatile than previous dynamic RAMs. CAS-before-RAS refresh provides an on-chip refresh capability that is upwardly compatible with the MB8266A. The MB81256 also features page mode which allows high speed random access of up to 512 bits of data within the same row.

The MB81256 is fabricated using silicon gate NMOS and Fujitsu's advanced Triple-layer Polysilicon process. This process, coupled with single-transistor memory storage cells, permits maximum circuit density and minimal chip size. Dynamic circuitry is used in the design, including the sense amplifiers. Clock timing requirements are noncritical, and power supply tolerance is very wide. All inputs are TTL compatible.

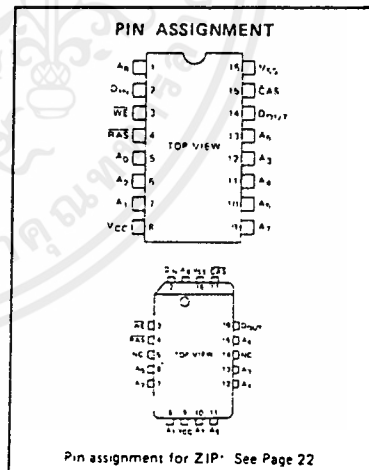
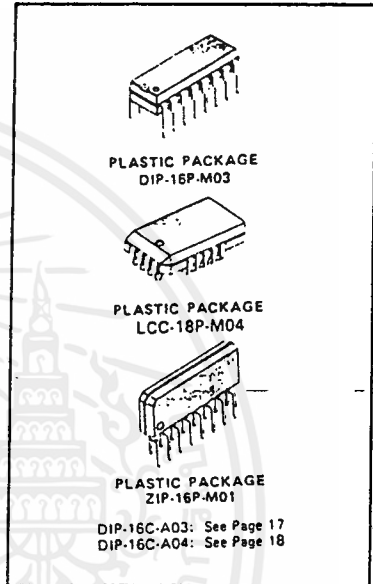
- 262,144 x 1 RAM organization
- Silicon-gate, Triple Poly NMOS, single transistor cell
- Row Access Time (t_{RAC})
80 ns max. (MB 81256-80)
- Random Cycle Time (t_{RC})
175 ns min. (MB 81256-80)
- Page Mode Cycle Time (t_{PC})
100 ns max. (MB 81256-80)
- Single +5 V Supply, $\pm 10\%$ tolerance
- Low Power
385 mW max. (MB 81256-80)
25 mW max. (standby)
- 256 refresh cycles every 4 ms
- CAS-before-RAS, RAS-only, Hidden refresh capability
- High speed Read-Write cycle
- t_{AR} , t_{WCR} , t_{OAR} , t_{WOW} are eliminated
- Output unclatched cycle end allows two-dimensional chip select
- Common I/O capability using Early Write operation
- On-chip latches for Addresses and Data-in
- Standard 16-Pin Plastic Packages:
DIP (MB81256-XXP)
ZIP (MB81256-XXPSZ)
- Standard 18-Pin Plastic Package:
PLCC(MB81256-XXPV)
- Standard 16-Pin Ceramic Package:
DIP (MB81256-XXC)

Absolute Maximum Ratings (See Note)

Parameter	Symbol	Value	Unit	
Voltage at any pin relative to V_{SS}	V_{IN}, V_{OUT}	-1 to +7	V	
Voltage of V_{CC} supply relative to V_{SS}	V_{CC}	-1 to +7	V	
Storage Temperature	Ceramic	T_{STG}	-55 to +150	°C
	Plastic		-55 to +125	
Power Dissipation	P_D	1.0	W	
Short Circuit Output Current	—	50	mA	

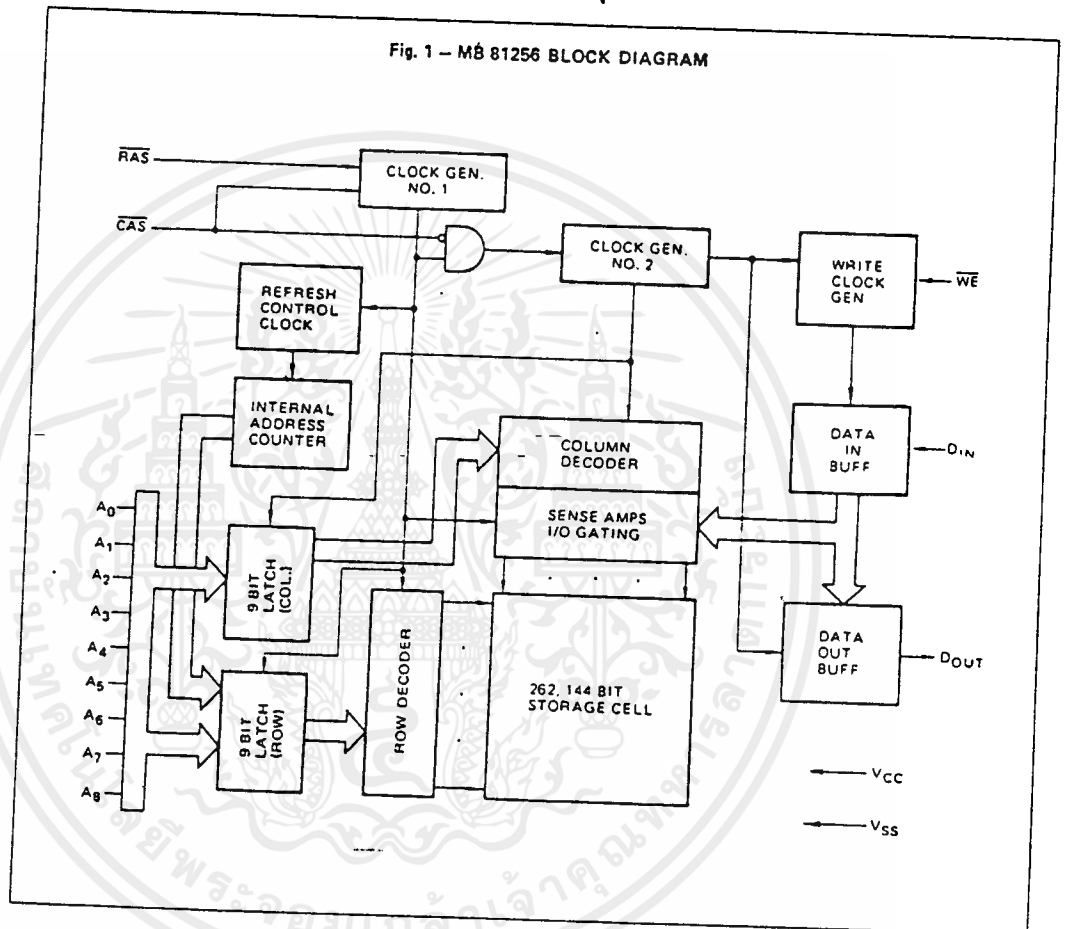
Note: Permanent device damage may occur if absolute maximum ratings are exceeded. Functional operation should be restricted to the conditions as detailed in the operation sections of this data sheet. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Copyright © 1990 by FUJITSU LIMITED and Fujitsu Microelectronics, Inc.



This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields. However, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit.

1



CAPACITANCE ($T_A = 25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Typ	Max	Unit
Input Capacitance A ₀ to A ₇ , D _{IN}	C _{IN1}		7	pF
Input Capacitance RAS, CAS, WE	C _{IN2}		10	pF
Output Capacitance D _{OUT}	C _{OUT}		7	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS.

(Referenced to V_{SS})

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit	Operating Temperature
Supply Voltage	V_{CC}	4.5	5.0	5.5	V	0°C to +70°C
	V_{SS}	0	0	0	V	
Input High Voltage, all inputs	V_{IH}	2.4		6.5	V	
Input Low Voltage, all inputs	V_{IL}	-2.0		0.8	V	

DC CHARACTERISTICS

(Recommended operating conditions unless otherwise noted.)

Parameter	Symbol	Value			Unit
		Min	Typ	Max	
OPERATING CURRENT* Average Power Supply Current (\overline{RAS} , \overline{CAS} cycling; $t_{RC} = \text{Min.}$)	MB 81256-80 I_{CC1}			70	mA
STANDBY CURRENT Standby Power Supply Current (\overline{RAS} , $\overline{CAS} = V_{IH}$)	I_{CC2}			4.5	mA
REFRESH CURRENT 1* Average Power Supply Current (\overline{RAS} cycling, $\overline{CAS} = V_{IH}$; $t_{RC} = \text{Min.}$)	MB 81256-80 I_{CC3}			60	mA
PAGE MODE CURRENT* Average Power Supply Current ($\overline{RAS} = V_{IL}$, \overline{CAS} cycling; $t_{PC} = \text{Min.}$)	MB81256-80 I_{CC4}			35	mA
REFRESH CURRENT 2* Average Power Supply Current (\overline{CAS} -before- \overline{RAS} ; $t_{RC} = \text{Min.}$)	MB 81256-80 I_{CC5}			65	mA
INPUT LEAKAGE CURRENT any input ($V_{IN} = 0V$ to 5.5V, $V_{CC} = 4.5V$ to 5.5V, $V_{SS} = 0V$, all other pins not under test = 0V)	$I_{I(L)}$	-10		10	μA
OUTPUT LEAKAGE CURRENT (Data is disabled, $V_{OUT} = 0V$ to 5.5V)	$I_{O(L)}$	-10		10	μA
OUTPUT LEVEL Output Low Voltage ($I_{OL} = 4.2mA$)	V_{OL}			0.4	V
OUTPUT LEVEL Output High Voltage ($I_{OH} = -5.0mA$)	V_{OH}	2.4			V

NOTE * : I_{CC} is depended on output loading and cycle rates. Specified values are obtained with the output open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS

(Recommended operating conditions unless otherwise noted.) NOTES 1, 2, 4

Parameter	NOTES	Symbol	Value		Unit
			Min	Max	
Time between Refresh		t_{REF}		4	ms
Random Read/Write Cycle Time		t_{RC}	175		ns
Read-Write Cycle Time		t_{RWC}	180		ns
Access Time from \overline{RAS}	4 6	t_{RAC}		80	ns
Access Time from \overline{CAS}	4 6	t_{CAC}		45	ns
Output Buffer Turn off Delay		t_{OFF}	0	25	ns
Transition Time		t_T	3	50	ns
\overline{RAS} Precharge Time		t_{RP}	80		ns
\overline{RAS} Pulse Width		t_{RAS}	85	100000	ns
\overline{RAS} Hold Time		t_{RSH}	50		ns
\overline{CAS} Pulse Width		t_{CAS}	50	100000	ns
\overline{CAS} Hold Time		t_{CSH}	85		ns
\overline{RAS} to \overline{CAS} Delay Time	7 8	t_{RCD}	20	35	ns
\overline{CAS} to \overline{RAS} Set Up Time		t_{CRS}	10		ns
Row Address Set Up Time		t_{ASR}	0		ns
Row Address Hold Time		t_{RAH}	10		ns
Column Address Set Up Time		t_{ASC}	0		ns
Column Address Hold Time		t_{CAH}	15		ns
Read Command Set Up Time		t_{RCS}	0		ns
Read Command Hold Time Referenced to \overline{CAS}	9	t_{RCH}	0		ns
Read Command Hold Time Referenced to \overline{RAS}	9	t_{RRH}	20		ns
Write Command Set Up Time	10	t_{WCS}	0		ns
Write Command Pulse Width		t_{WCP}	15		ns
Write Command Hold Time		t_{WCH}	15		ns
Write Command to \overline{RAS} Lead Time		t_{RWL}	35		ns
Write Command to \overline{CAS} Lead Time		t_{CWL}	35		ns
Data In Set Up Time		t_{DS}	0		ns
Data In Hold Time		t_{OH}	15		ns
\overline{CAS} to \overline{WE} Delay	10	t_{CWD}	15		ns
Refresh Set Up Time for \overline{CAS} Referenced to \overline{RAS} (\overline{CAS} -before- \overline{RAS} cycle)		t_{FCS}	20		ns
Refresh Hold Time for \overline{CAS} Referenced to \overline{RAS} (\overline{CAS} -before- \overline{RAS} cycle)		t_{FCH}	20		ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC CHARACTERISTICS

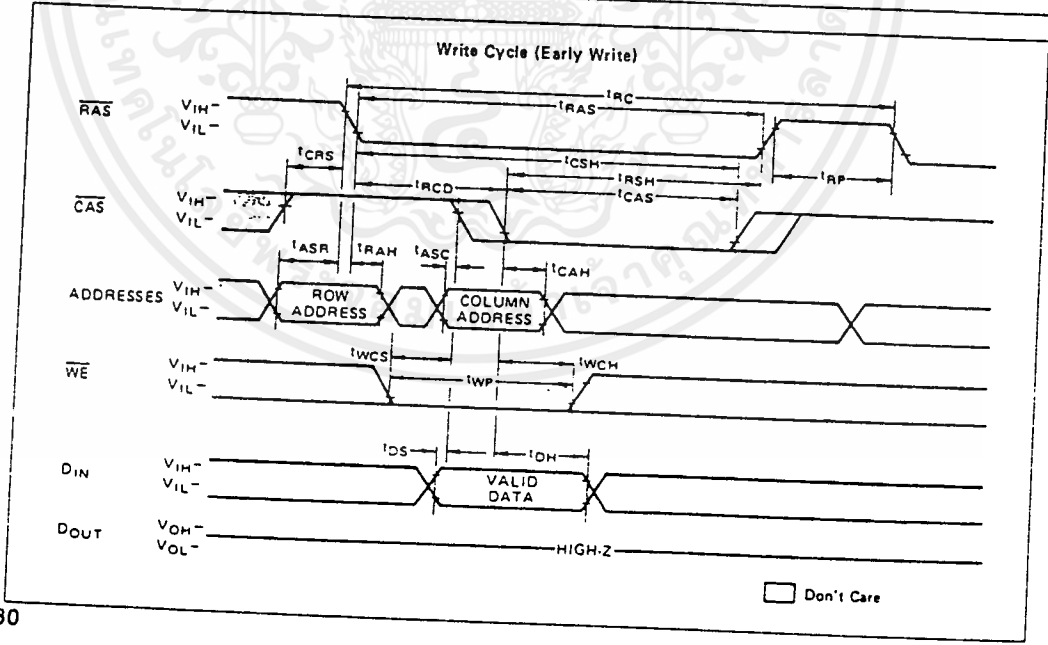
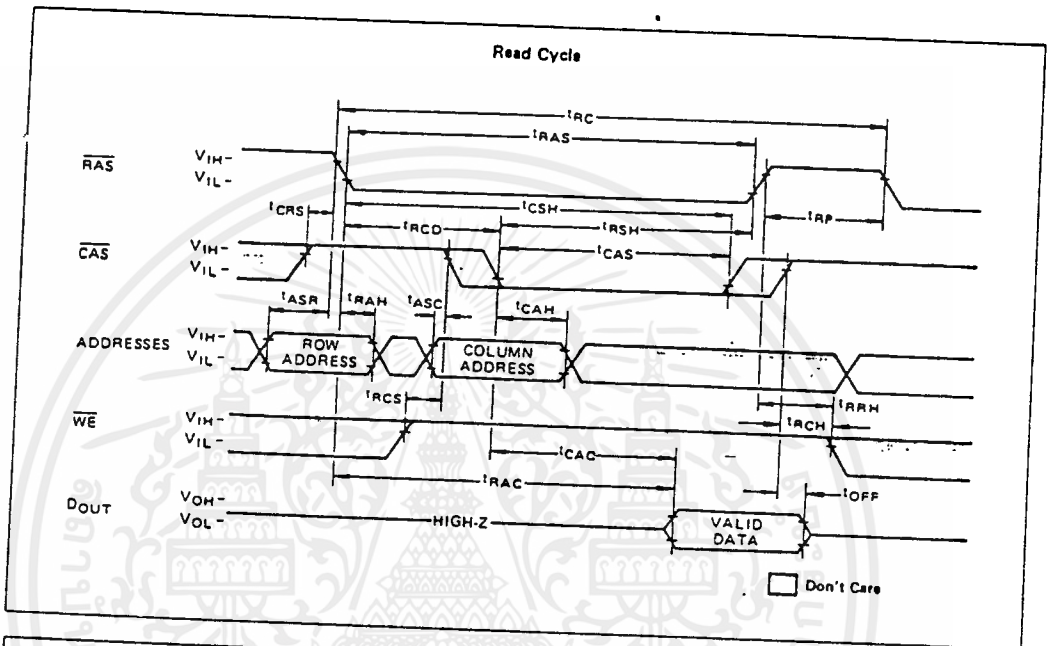
(Recommended operating conditions unless otherwise noted.)

Unit	Parameter	NOTES	Symbol	Value		Unit
				Min	Max	
ns	CAS Precharge Time ($\overline{\text{CAS}}$ -before- $\overline{\text{RAS}}$ cycle)		t_{CPR}	20		ns
ns	RAS Precharge to $\overline{\text{CAS}}$ Active Time (Refresh cycles)		t_{RPC}	20		ns
ns	Page Mode Read/Write Cycle Time		t_{PC}	100		ns
ns	Page Mode Read-Write Cycle Time		t_{PRWC}	100		ns
ns	Page Mode $\overline{\text{CAS}}$ Precharge Time		t_{CP}	40		ns
ns	Refresh Counter Test Cycle Time	11	t_{RTC}	330		ms
ns	Refresh Counter Test $\overline{\text{RAS}}$ Pulse Width	11	t_{TRAS}	230	10000	ns
ns	Refresh Counter Test $\overline{\text{CAS}}$ Precharge Time	11	t_{CPT}	50		ns

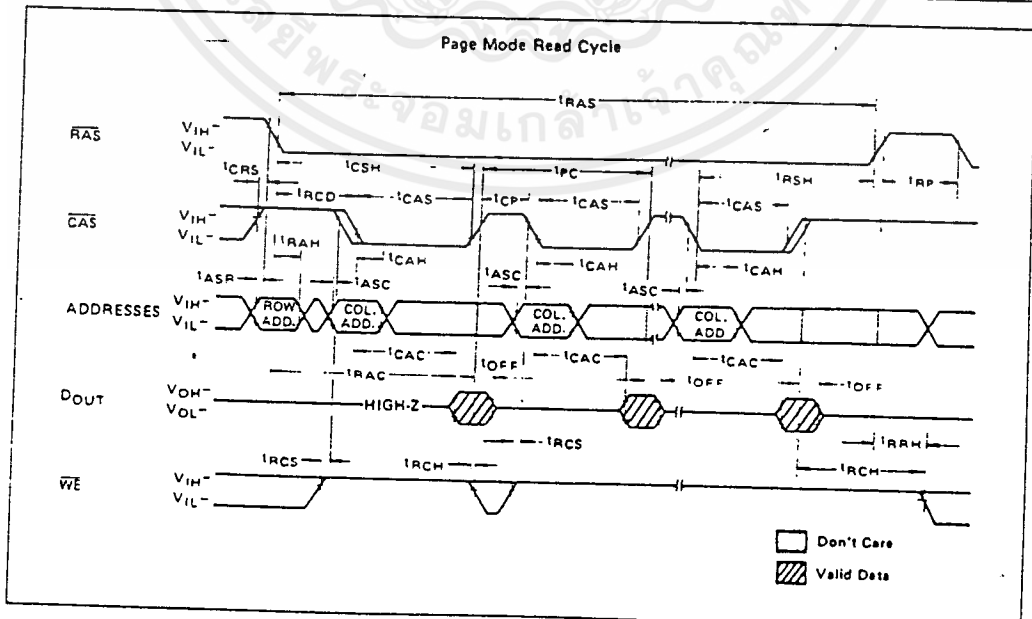
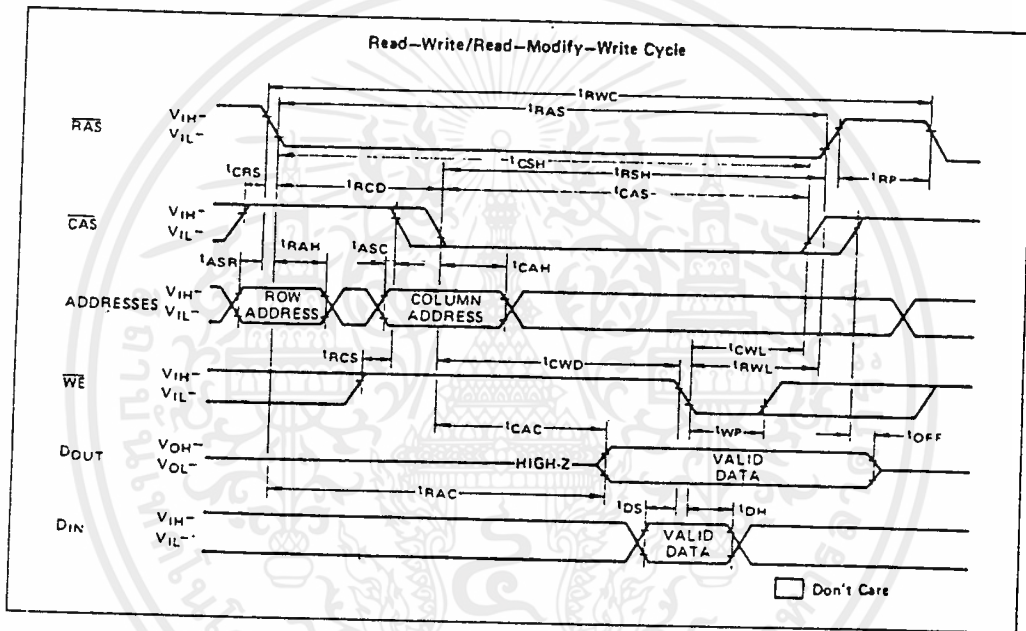
Notes:

- 1 An initial pause of 200 μs is required after power-up. And then several cycle (to which any 8 cycle to perform refresh are adequate) are required before proper device operation is achieved. If internal refresh counter is to be effective, a minimum of 8 $\overline{\text{CAS}}$ before $\overline{\text{RAS}}$ refresh cycles are required.
- 2 AC characteristics assume $t_T = 5 \text{ ns}$.
- 3 $V_{IH}(\text{min})$ and $V_{IL}(\text{max})$ are reference levels for measuring timing of input signals. Also, transition times are measured between $V_{IH}(\text{min})$ and $V_{IL}(\text{max})$.
- 4 Assumes that $t_{RCD} \leq t_{RCD}(\text{max})$. If t_{RCD} is greater than the maximum recommended value shown in this table, t_{RAC} will increase by the amount that t_{RCD} exceeds the value shown.
- 5 Assumes that $t_{RCD} \geq t_{RCD}(\text{max})$.
- 6 Measured with a load equivalent to 2 TTL loads and 100 pF.
- 7 Operation within the $t_{RCD}(\text{max})$ limit insures that $t_{RAC}(\text{max})$ can be met. $t_{RCD}(\text{max})$ is specified as a reference point only; if t_{RCD} is greater than the specified $t_{RCD}(\text{max})$ limit, then access time is controlled exclusively by t_{CAC} .
- 8 $t_{RCD}(\text{min}) = t_{RAH}(\text{min}) + 2t_T$ ($t_T = 5 \text{ ns}$) + $t_{ASC}(\text{min})$.
- 9 Either t_{RRH} or t_{RCH} must be satisfied for a read cycle.
- 10 t_{WCS} and t_{CWD} are not restrictive operating parameters. They are included in the data sheet as electrical characteristics only. If $t_{WCS} \geq t_{WCS}(\text{min})$, the cycle is an early write cycle and the data out pin will remain open circuit (high impedance) throughout entire cycle. If $t_{CWD} \geq t_{CWD}(\text{min})$ the cycle is a read-write cycle and data out will contain data read from the selected cell. If neither of the above sets of conditions is satisfied the condition of the data out is indeterminate.
- 11 Test mode cycle only.

1

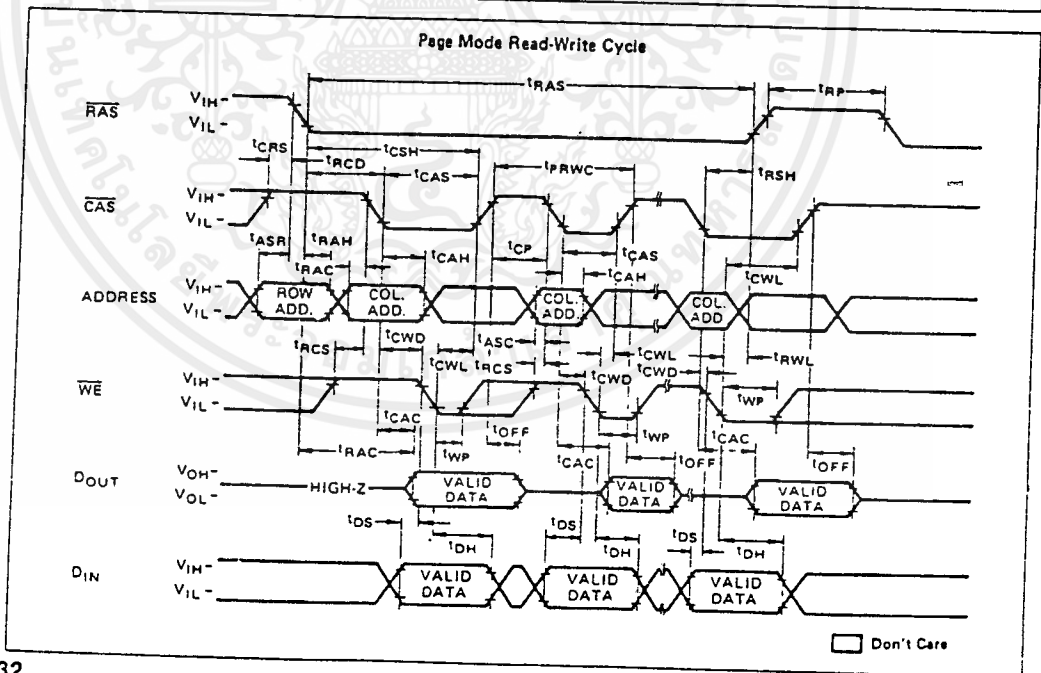
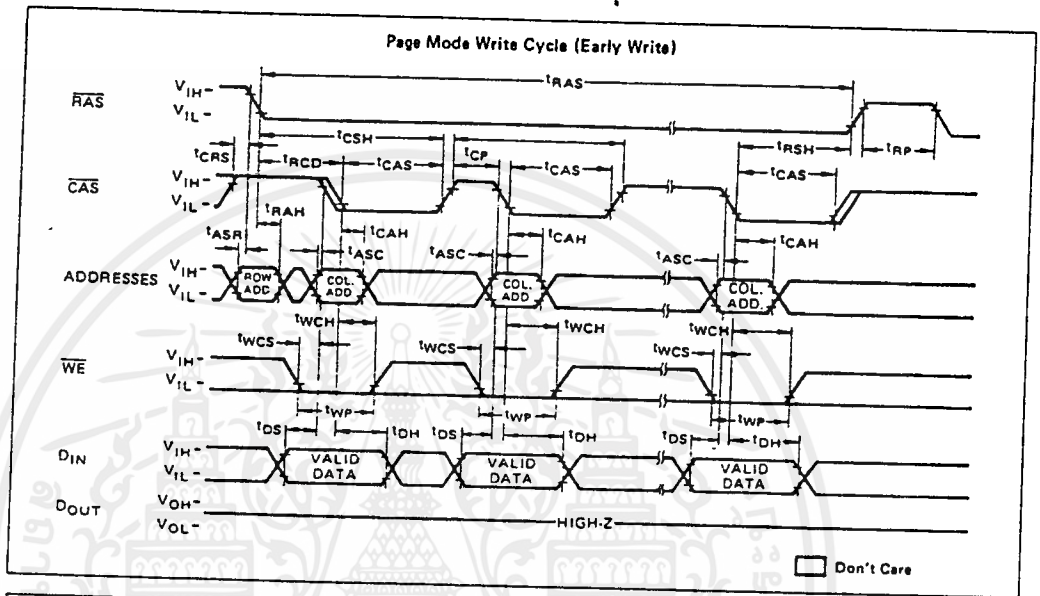


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

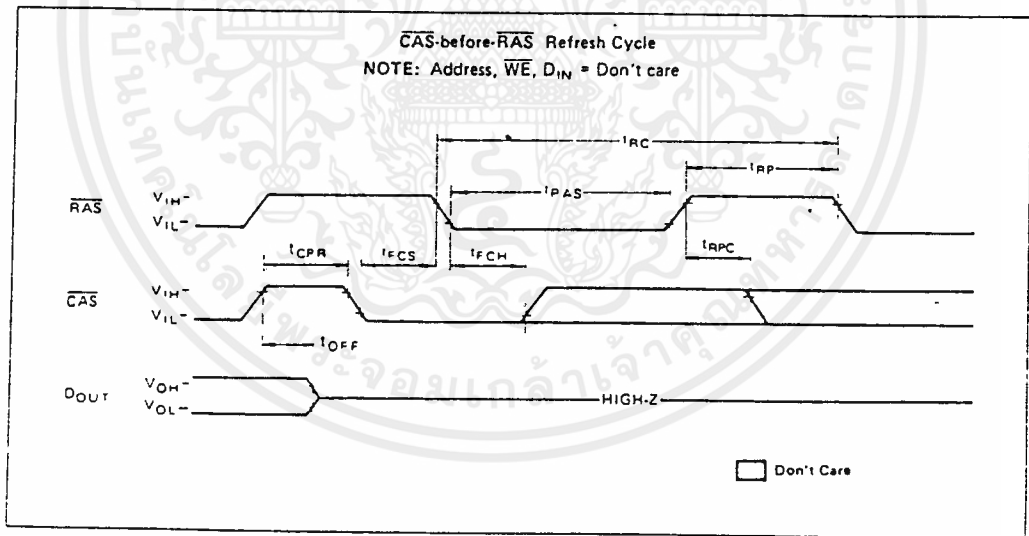
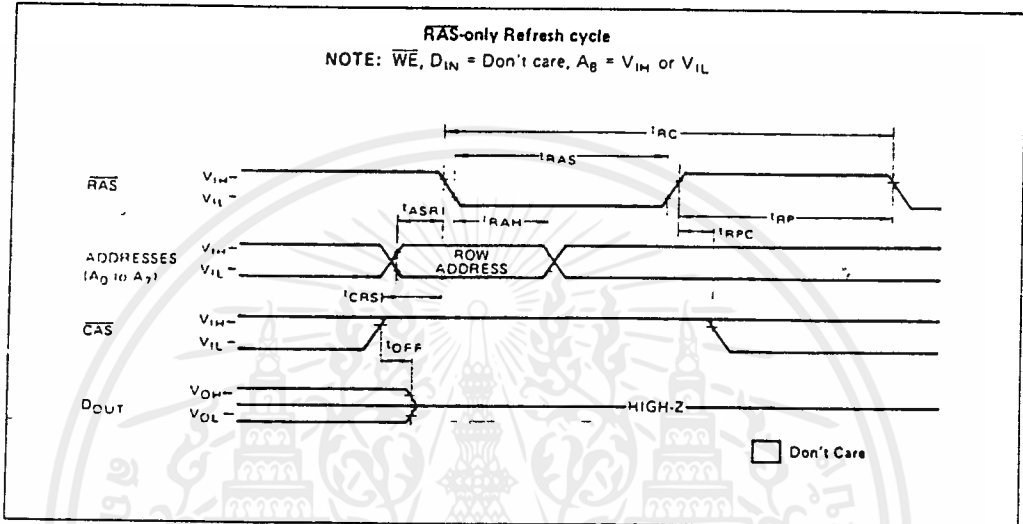


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1

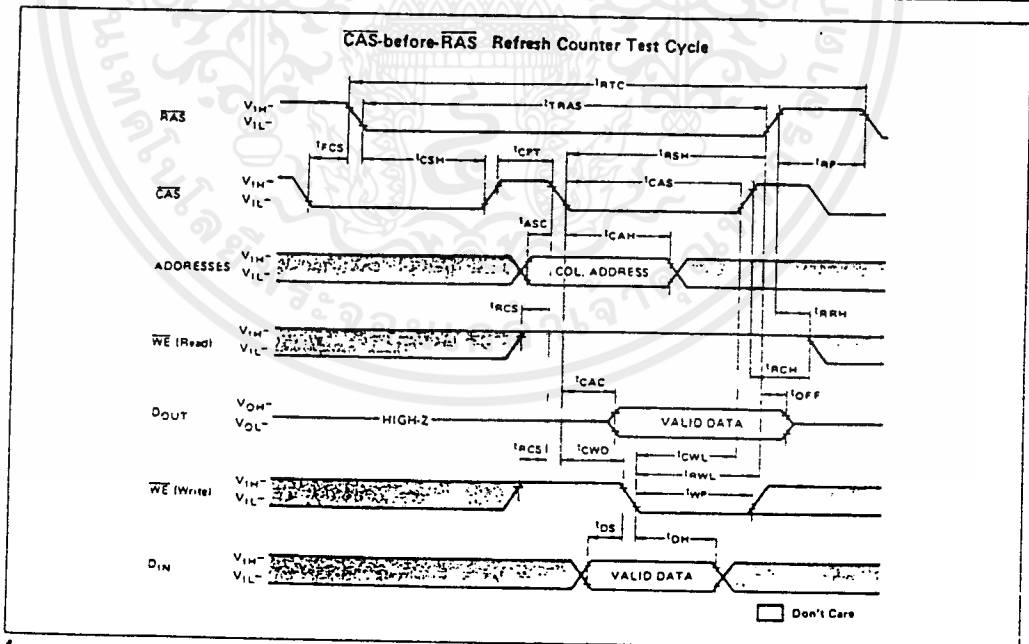
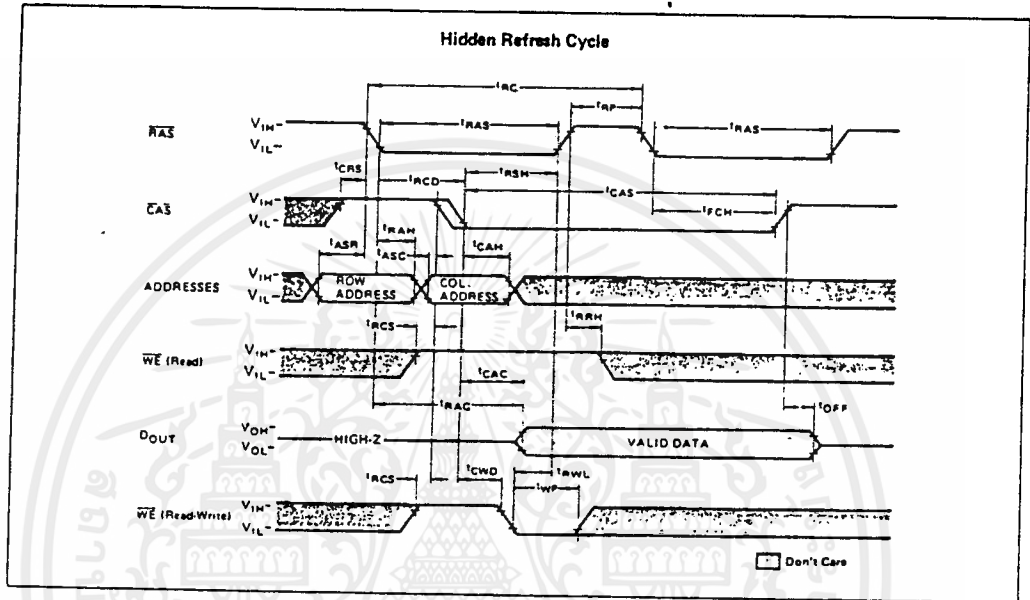


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1



DE

Simp
The
that
spee
can
tacc
opti
In a
mini
WE
MB E
put
appl
requi
RAS
from
twcp
the I
DIN
WE C

Addi
A to
bits
262,
MB E
estab
to A
Addr
addre
pins
Addr
dress
fallin
inhibit
perm
Row
ficati
addre
row-i

Write
The r
with
selec
modr
read

Data
Data
ing a
fallin
the
cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DESCRIPTION

Simple Timing Requirement

The MB 81256 has improved circuitry that eases timing requirements for high speed access operations. The MB 81256 can operate under the condition of $t_{RCD}(\text{max}) = t_{CAC}$ thus providing optimal timing for address multiplexing. In addition, the MB 81256 has the minimal hold time of Address (t_{CAH}), \overline{WE} (t_{WCH}) and D_{IN} (t_{DWH}). The MB 81256 provides higher throughput in inter-leaved memory system applications. Fujitsu has made timing requirements that are referenced to \overline{RAS} nonrestrictive and deleted them from the data sheet, these include t_{AR} , t_{WCR} , t_{DHR} and t_{RWD} . As a result, the hold times of the Column Address, D_{IN} and \overline{WE} as well as t_{CWD} (\overline{CAS} to \overline{WE} Delay) are not restricted by t_{RCD} .

Address Inputs:

A total of eighteen binary input address bits are required to decode any 1 of 262,144 cell locations within the MB 81256. Nine row-address bits are established on the input pins (A_0 to A_8) and are latched with the Row Address Strobe (\overline{RAS}). Nine column-address bits are established on the input pins and are latched with the Column Address Strobe (\overline{CAS}). All row addresses must be stable on or before the falling edge of \overline{RAS} . \overline{CAS} is internally inhibited (or "gated") by \overline{RAS} to permit triggering of \overline{CAS} as soon as the Row Address Hold Time (t_{RAH}) specification has been satisfied and the address inputs have been changed from row-addresses to column-address.

Write Enable:

The read mode or write mode is selected with the \overline{WE} input. A high on \overline{WE} selects read mode; low selects write mode. The data input is disable when read mode is selected.

Data input:

Data is written into the MB 81256 during a write or read-write cycle. The later falling edge of \overline{WE} or \overline{CAS} is a strobe for the Data In (D_{IN}) register. In a write cycle, if \overline{WE} is brought low before

\overline{CAS} , D_{IN} is strobed by \overline{CAS} , and the set-up and hold times are referenced to \overline{CAS} . In a read-write cycle, \overline{WE} can be delayed after \overline{CAS} has been low and \overline{CAS} to \overline{WE} Delay Time (t_{CWD}) has been satisfied. Thus D_{IN} is strobed by \overline{WE} , and set-up and hold times are referenced to \overline{WE} .

Data Output:

The output buffer is three-state TTL compatible with a fan-out of two standard TTL loads. Data out is the same polarity as data-in. The output is in a high impedance state until \overline{CAS} is brought low. In a read cycle, or read-write cycle, the output is valid after t_{RAC} from transition of \overline{RAS} when $t_{RCD}(\text{max})$ is satisfied, or after t_{CAC} from transition of \overline{CAS} when the transition occurs after $t_{RCD}(\text{max})$. Data remain valid until \overline{CAS} is returned to a high level. In a write cycle the identical sequence occurs, but data is not valid.

Fast Read-While-Write cycle

The MB 81256 has a fast read while write cycle which is achieved by precise control of the three-state output buffer as well as by the simplified timings described in the previous section. The output buffer is controlled by the state of \overline{WE} when \overline{CAS} goes low. When \overline{WE} is low during \overline{CAS} transition to low, the MB 81256 goes into the early write mode in which the output floats and the common I/O bus can be used on the system level. Whereas, when \overline{WE} goes low after t_{CWD} following \overline{CAS} transition to low, the MB 81256 goes into the delayed write mode. The output then contains the data from the cell selected and the data from D_{IN} is written into the cell selected. Therefore, a very fast read write cycle is possible with the MB 81256.

Page Mode:

Page-mode operation permits strobing the row-address into the MB 81256 while maintaining \overline{RAS} at a low throughout all successive memory operations in which the row-address doesn't change. Thus the power dissipated by the

falling edge of \overline{RAS} is saved. Access and cycle times are decreased because the time normally required to strobe a new row address is eliminated.

Refresh:

Refresh of the dynamic memory cells is accomplished by performing a memory cycle at each of the 256 row-addresses (A_0 to A_7) at least every 4ms. The MB 81256 offers the following 3 types of refresh.

\overline{RAS} -only Refresh;

\overline{RAS} -only refresh avoids any output during refresh because the output buffer is in the high impedance state unless \overline{CAS} is brought low.

Strobing each of 256 row-addresses (A_0 to A_7) with \overline{RAS} will cause all bits in each row to be refreshed. Further \overline{RAS} -only refresh results in a substantial reduction in power dissipation. During \overline{RAS} -only refresh cycle, either V_{IH} or V_{IL} is permitted to A_8 .

\overline{CAS} -before- \overline{RAS} Refresh;

\overline{CAS} -before- \overline{RAS} refreshing available on the MB 81256 offers an alternate refresh method. If \overline{CAS} is held "low" for the specified period (t_{RCS}) before \overline{RAS} goes to "low", on-chip refresh control clock generators and the refresh address counter are enabled, and an internal refresh operation takes place. After the refresh operation is performed, the refresh address counter is automatically incremented in preparation for the next \overline{CAS} -before- \overline{RAS} refresh operation.

Hidden Refresh;

A hidden refresh cycle may take place while maintaining the latest valid data at the output by extending \overline{CAS} active time.

For the MB 81256 a hidden refresh is a \overline{CAS} -before- \overline{RAS} refresh cycle. The internal refresh address counters provide the refresh addresses, as in a normal \overline{CAS} -before- \overline{RAS} refresh cycle.

\overline{CAS} -before- \overline{RAS} Refresh Counter Test Cycle:

A special timing sequence using \overline{CAS} .

1

Fig. 9 - STANDBY CURRENT vs AMBIENT TEMPERATURE

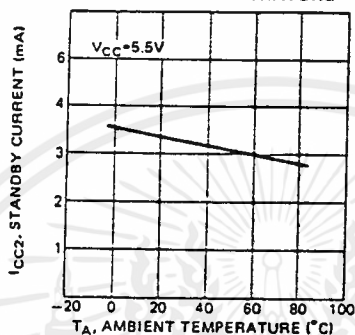


Fig. 10 - REFRESH CURRENT 1 vs CYCLE RATE

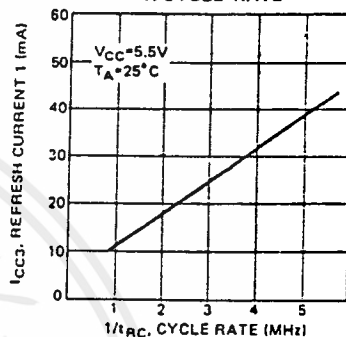


Fig. 11 - REFRESH CURRENT 1 vs SUPPLY VOLTAGE

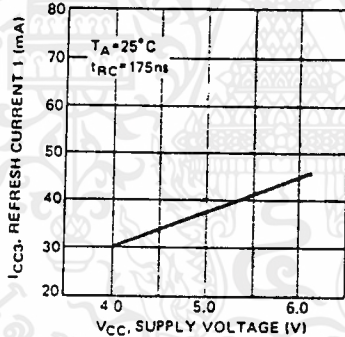


Fig. 12 - PAGE MODE CURRENT vs CYCLE RATE

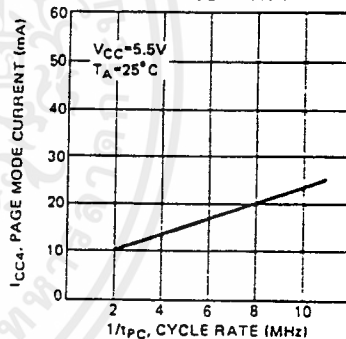


Fig. 13 - PAGE MODE CURRENT vs SUPPLY VOLTAGE

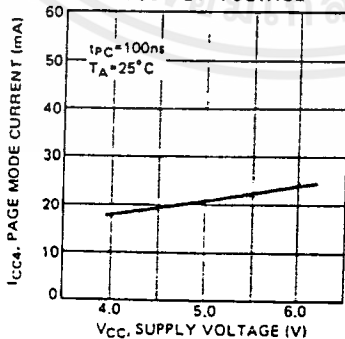
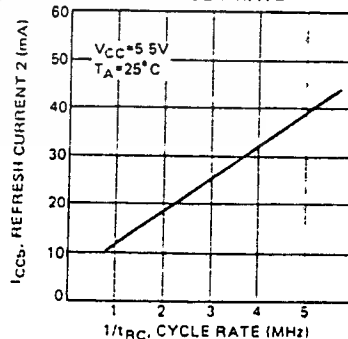


Fig. 14 - REFRESH CURRENT 2 vs CYCLE RATE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 15 - REFRESH CURRENT 2 vs SUPPLY VOLTAGE

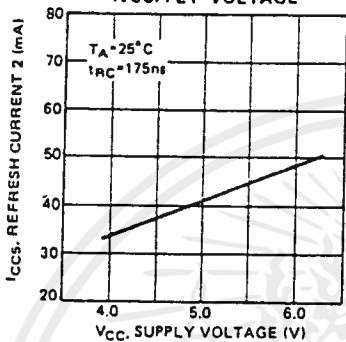


Fig. 16 - ADDRESS AND DATA INPUT VOLTAGE vs SUPPLY VOLTAGE

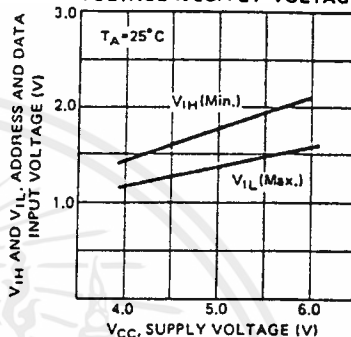


Fig. 17 - ADDRESS AND DATA INPUT VOLTAGE vs AMBIENT TEMPERATURE

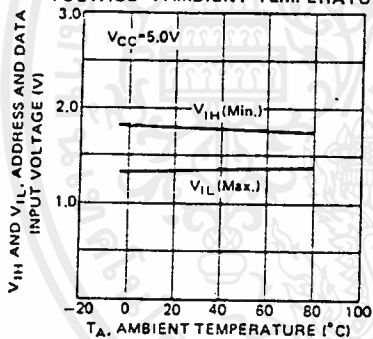


Fig. 18 - RAS, CAS AND WE INPUT VOLTAGE vs SUPPLY VOLTAGE

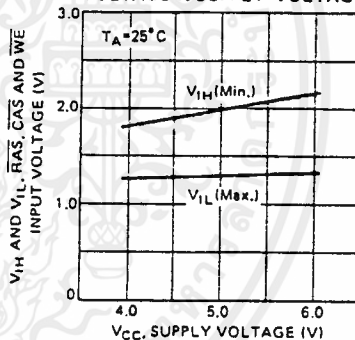


Fig. 19 - RAS, CAS AND WE INPUT VOLTAGE vs AMBIENT TEMPERATURE

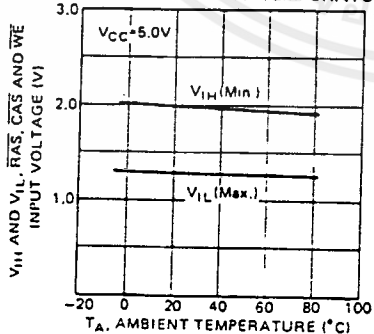
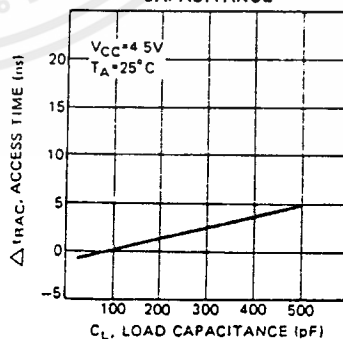


Fig. 20 - ACCESS TIME vs LOAD CAPACITANCE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 21 - OUTPUT CURRENT vs OUTPUT VOLTAGE

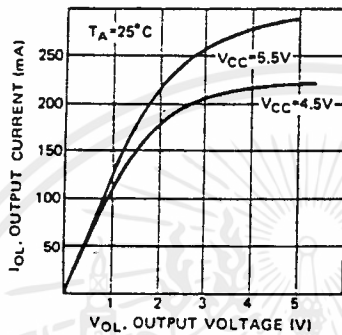


Fig. 22 - OUTPUT CURRENT vs OUTPUT VOLTAGE

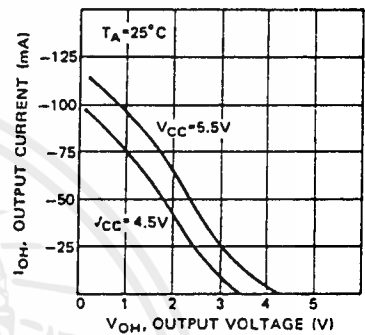


Fig. 23 - CURRENT WAVEFORM DURING POWER UP

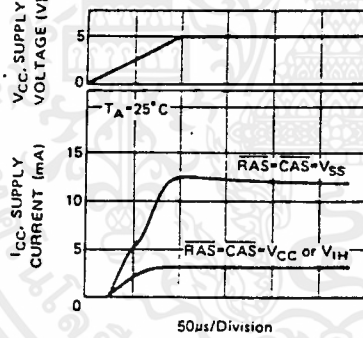
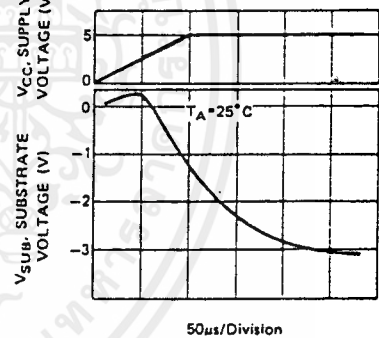


Fig. 24 - SUBSTRATE VOLTAGE DURING POWER UP

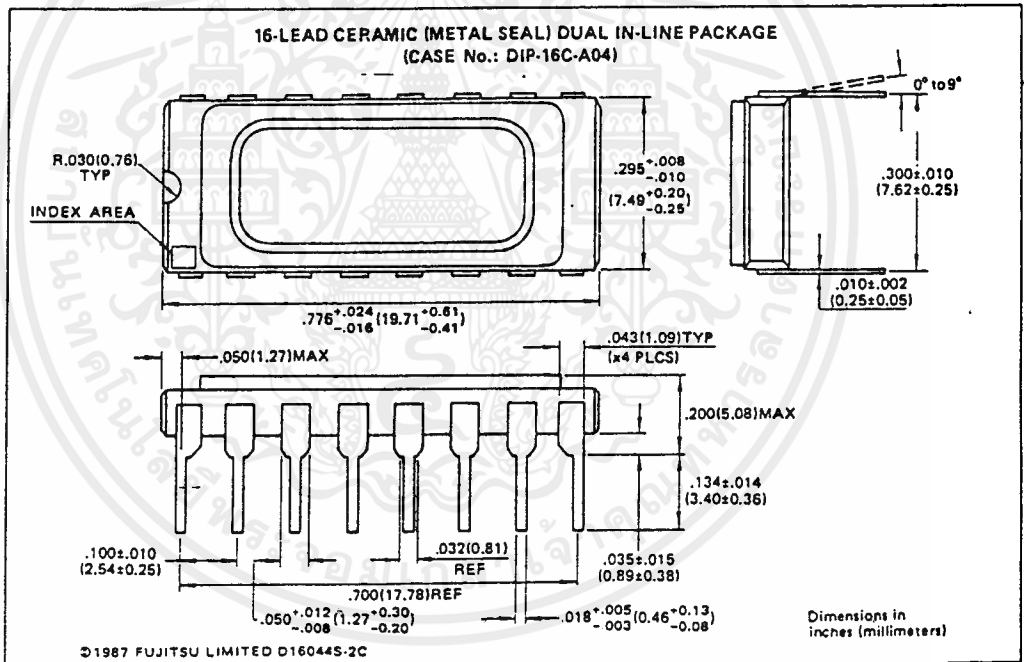
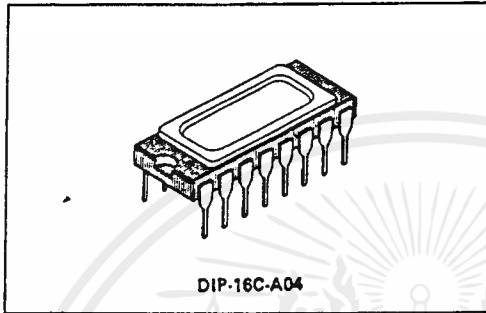


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

(Suffix: -C)

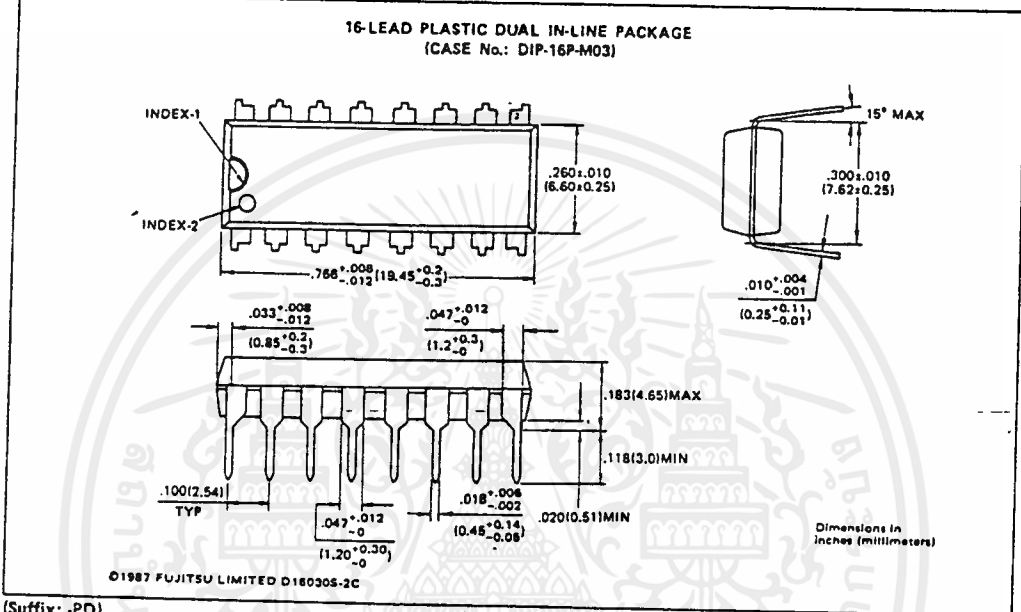
1



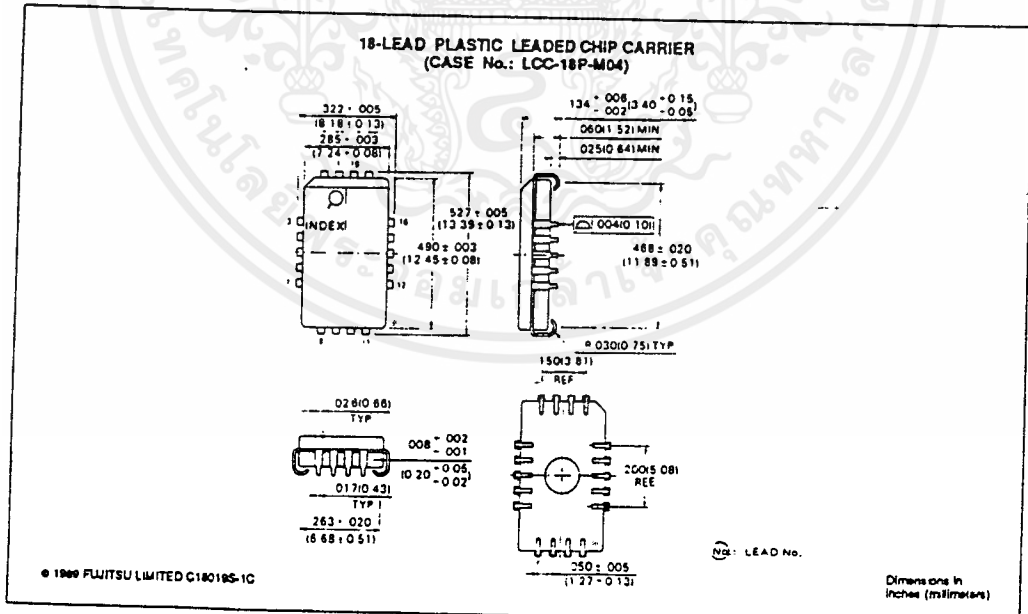
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

(Suffix: -P)



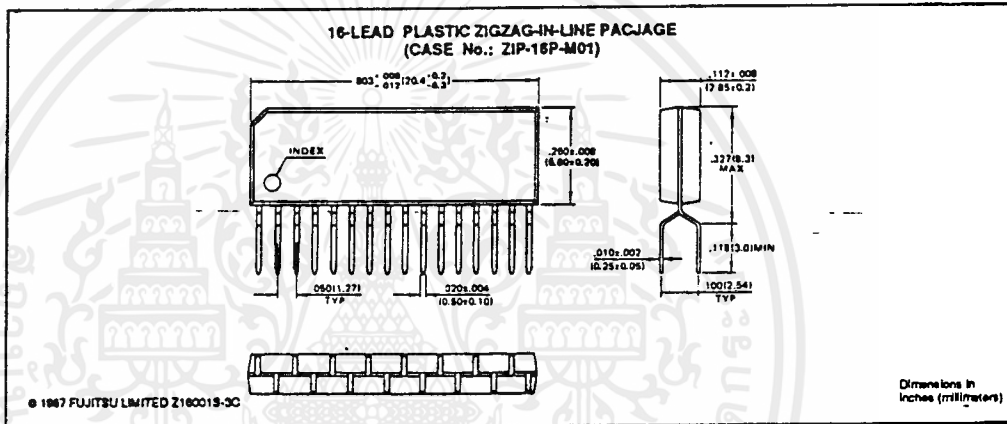
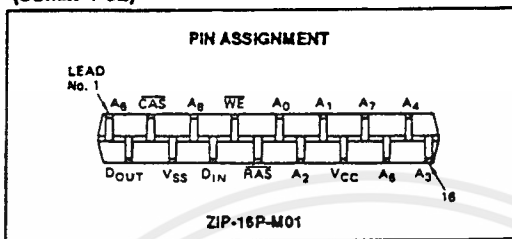
(Suffix: -PD)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

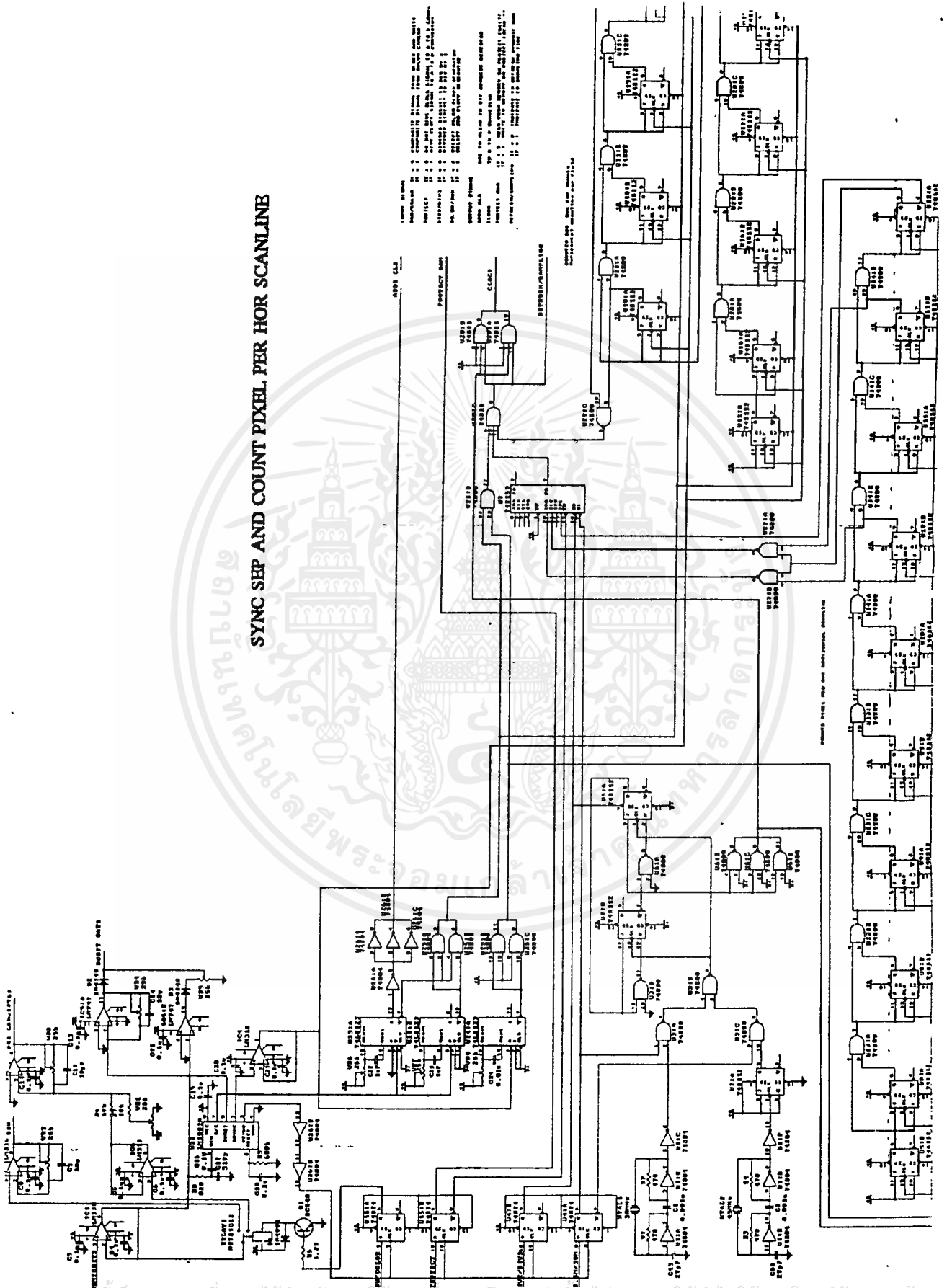
(Suffix: -PSZ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร

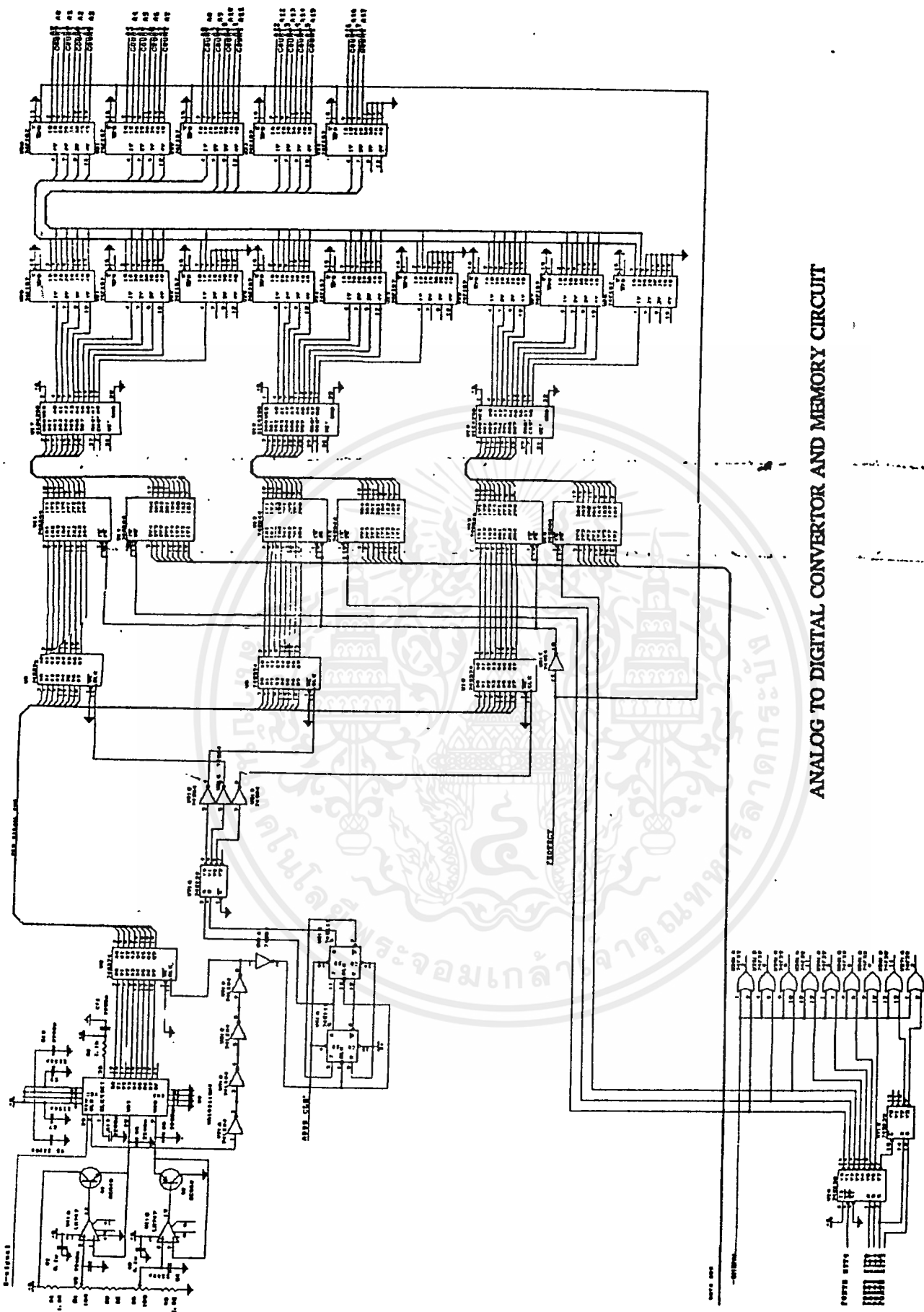
Fel
 Edi
 M
 M
 262
 man
 high
 stor
 requ
 stan
 to th
 enha
 FAS
 MB8
 acce
 Tripl
 stora
 circu
 requi
 TTL
 •
 •
 •
 •
 •
 •
 •
 •
 •
 •
 Abs
 Volta
 Volta
 Gion
 Powe
 Short
 Note:
 Copyr

SYNC SEP AND COUNT PIXEL PER HOR SCANLINE



7410 NAND (3) 7401 INVERTER (1) 7404 HEX INVERTER (1) 7400 NAND (2) 7402 NOR (2) 7403 NAND (2) 7405 NAND (2) 7406 NAND (2) 7407 NAND (2) 7408 NAND (2) 7409 NAND (2) 7411 NAND (2) 7412 NAND (2) 7413 NAND (2) 7414 NAND (2) 7415 NAND (2) 7416 NAND (2) 7417 NAND (2) 7418 NAND (2) 7419 NAND (2) 7420 NAND (2) 7421 NAND (2) 7422 NAND (2) 7423 NAND (2) 7424 NAND (2) 7425 NAND (2) 7426 NAND (2) 7427 NAND (2) 7428 NAND (2) 7429 NAND (2) 7430 NAND (2) 7431 NAND (2) 7432 NAND (2) 7433 NAND (2) 7434 NAND (2) 7435 NAND (2) 7436 NAND (2) 7437 NAND (2) 7438 NAND (2) 7439 NAND (2) 7440 NAND (2) 7441 NAND (2) 7442 NAND (2) 7443 NAND (2) 7444 NAND (2) 7445 NAND (2) 7446 NAND (2) 7447 NAND (2) 7448 NAND (2) 7449 NAND (2) 7450 NAND (2) 7451 NAND (2) 7452 NAND (2) 7453 NAND (2) 7454 NAND (2) 7455 NAND (2) 7456 NAND (2) 7457 NAND (2) 7458 NAND (2) 7459 NAND (2) 7460 NAND (2) 7461 NAND (2) 7462 NAND (2) 7463 NAND (2) 7464 NAND (2) 7465 NAND (2) 7466 NAND (2) 7467 NAND (2) 7468 NAND (2) 7469 NAND (2) 7470 NAND (2) 7471 NAND (2) 7472 NAND (2) 7473 NAND (2) 7474 NAND (2) 7475 NAND (2) 7476 NAND (2) 7477 NAND (2) 7478 NAND (2) 7479 NAND (2) 7480 NAND (2) 7481 NAND (2) 7482 NAND (2) 7483 NAND (2) 7484 NAND (2) 7485 NAND (2) 7486 NAND (2) 7487 NAND (2) 7488 NAND (2) 7489 NAND (2) 7490 NAND (2) 7491 NAND (2) 7492 NAND (2) 7493 NAND (2) 7494 NAND (2) 7495 NAND (2) 7496 NAND (2) 7497 NAND (2) 7498 NAND (2) 7499 NAND (2)

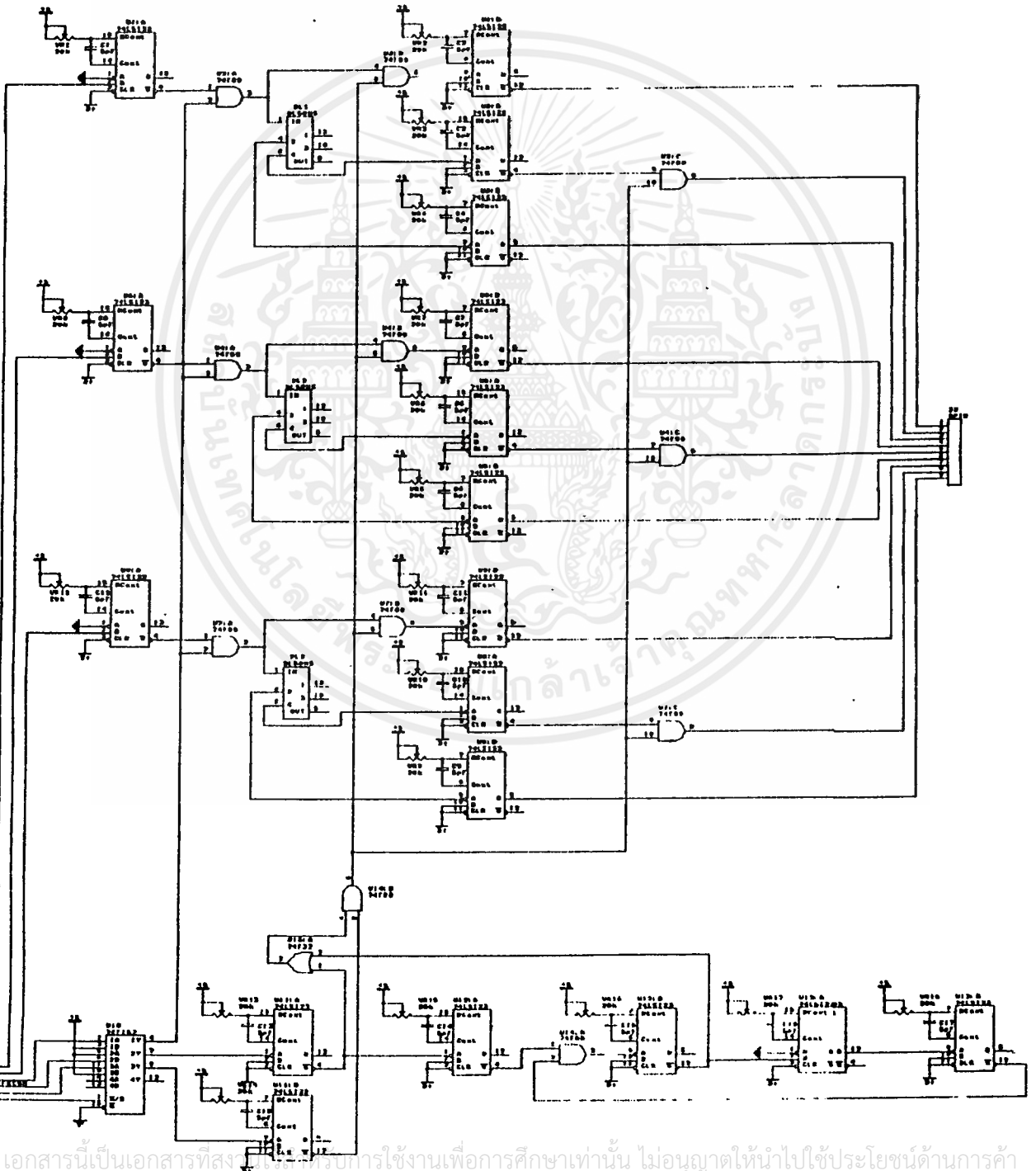
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ANALOG TO DIGITAL CONVERTOR AND MEMORY CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAS , CAS , MUX GEN



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

