ปีการศึกษา 2532

VIDEO SIGNAL SYSTEM CONVERTER
เครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพ

โดย

นาย กิตติทรรศน์ บุญยัษฐิติ 291003
นาย กิติยศ สาคริก 291006

อาจารย์ที่ปรึกษา
อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026929

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

เรื่อง VIDEO SIGNAL SYSTEM CONVERTER

เครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพ

ผู้จัดทำ

1. นาย กิติทรรศน์ บุญยัษฐิติ
2. นาย กิติยศ สาคริก

.....ประภากร..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ประภากร สุวรรณะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

026929

22 พฤ 2533

เครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพ

Video Signal System Converter

นายกิติทรรศน์ บุญยัษฐิติ 29.1003
นายกิติยศ สาคริก 29.1006
อาจารย์ที่ปรึกษา :
อาจารย์ประภากร สุวรรณะ
ปีการศึกษา 2532

บทคัดย่อ

เครื่องแปลงระบบ*สัญญาณภาพ (Video Signal)* เป็นวงจร*ดิจิตอลอิเลคทรอนิคส์ (Digital Electronics)* ที่ทำหน้าที่แปลงระบบสัญญาณภาพจากระบบ 525 *เส้น (Lines)* 60 *ฟิลด์ (Fields)* ต่อวินาที ไปเป็นระบบ 625 เส้น 50 ฟิลด์ต่อวินาที ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณภาพขาวดำในระบบ M ซึ่งเป็นมาตรฐานของระบบเอ็นทีเอสซี (NTSC) ให้เป็นระบบ N,C,B,G,H,I,D,K,K1, และ L ซึ่งเป็นมาตรฐานของระบบ*พาล (PAL)* และ*ซีแคม (SECAM)* โดยใช้หลักการแปลงสัญญาณ*ภาพอนาลอก (Analog)* เป็นสัญญาณภาพดิจิตอล ขนาด 6 บิท *เขียน (Write)* *ลงหน่วยความจำสแตติก (Static Memory)* ขนาด 64 k X 6 BIT จำนวน 3ชุด ด้วยความถี่ตามมาตรฐานระบบ M *ความถี่ในการสุ่ม (Sampling Rate)* 5 *เมกกะเฮิตซ์ (Mega Hertz)* ในขณะที่*อ่าน (Read)* สัญญาณภาพ ด้วยความถี่ 50 ฟิลด์ต่อวินาที พร้อมกับการอ่านสัญญาณภาพซ้ำ 1 เส้น ในทุก 5 เส้นโดยยอมทิ้งภาพ 1 ฟิลด์ ต่อทุก 6 ฟิลด์ที่เขียนลงหน่วยความจำ เพื่อให้ได้สัญญาณภาพความถี่ใหม่

เมื่อนำวงจรนี้จำนวน 3 ชุด ไปใช้ร่วมกับวงจร*ถอดรหัสสี (Color Decoder)* และวงจร*เข้ารหัสสี (Color Encoder)* ก็สามารถที่จะนำไปใช้แปลงสัญญาณภาพสีจากระบบ NTSC ไปเป็นระบบอื่นดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ซึ่งสามารถนำไปใช้ร่วมกับระบบรับสัญญาณภาพจากดาวเทียม , ใช้ในการแปลงระบบสัญญาณ เพื่อการบันทึกวิดีโอเทป (Video Tape) , หรือเพื่อการอื่นได้ :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎี	
	2.1 การสร้างภาพบนจอโทรทัศน์	3
	2.2 มาตรฐานสัญญาณภาพสีในปัจจุบัน	6
	2.3 การเก็บภาพลงหน่วยความจำ	9
	2.4 ระบบ PAL	10
บทที่ 3	การคำนวณและการสร้าง	
	3.1 บล็อกไดอะแกรมของการแปลงระบบ	12
	3.2 แนวความคิดในการแปลงระบบ	14
	3.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรที่สร้างขึ้น	16
	3.4 วงจรแยกสัญญาณซิงค์	17
	3.5 วงจรสัญญาณนาฬิกาของระบบ	19
	3.6 วงจรฐานเวลาระบบ 625/50	20
	3.7 วงจรควบคุมการเขียน-อ่านหน่วยความจำ	27
	3.8 วงจรสร้างแอดเดรส	30
	3.9 หน่วยความจำ	32
	3.10 ส่วนของวงจรอนาลอก	34
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	36
บทที่ 5	บทวิจารณ์และสรุป	37
กิตติกรรมประกาศ		38
หนังสืออ้างอิง		39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2-1	สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ (1เส้นสแกน)	5
2-2	สัญญาณ VER. SYNC. และช่วงแบลงก์แนวดิ่ง	5
2-3	มาตรฐานเวลาของระบบ PAL	10
2-4	สัญญาณชิงค์ระบบ PAL	10
2-5	สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอในช่วงชิงค์แนวดิ่ง	11
2-6	จุดเริ่มของสัญญาณภาพ	11
3-1	บล็อกไดอะแกรมของการแปลงระบบ NTSC เป็นระบบ PAL	13
3-2	การเพิ่มเส้นสแกน	14
3-3	คำนวณการใช้หน่วยความจำ	15
3-4	บล็อกไดอะแกรมของวงจรที่สร้างขึ้น	16
3-5	วงจรแยกสัญญาณชิงค์	18
3-6	วงจรสัญญาณนาฬิกาของระบบ	19
3-7	วงจรฐานเวลาของระบบ 625/50	21
3-8	รูปแบบสัญญาณต่าง ๆ ที่ถูกกำหนดไว้ใน IC 302	22
3-9	จังหวะการเขียน-อ่านหน่วยความจำ	27
3-10	วงจรควบคุมการเขียน-อ่านหน่วยความจำ	28
3-11	สัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้ IC 504	29
3-12	วงจรสร้างแอดเดรส	31
3-13	วงจรหน่วยความจำ	33
3-14	วงจรอนาลอก	35

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	มาตรฐานระบบสัญญาณของประเทศต่าง ๆ	7
3-1	รูปแบบต่าง ๆ และสัญญาณภายในแต่ละรูปแบบ	23
3-2	ข้อมูลภายใน IC 302	24
3-3	ข้อมูลภายใน IC 304	25

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1 บทนำ

ตั้งแต่มีการประดิษฐ์โทรทัศน์ขึ้นใช้เมื่อหลายสิบปีก่อน โทรทัศน์ก็ได้กลายมาเป็นเครื่องมือสื่อสารที่มีความสำคัญ และเป็นที่นิยมแพร่หลายทั่วโลกเรื่อยมาจากยุคแรกที่โทรทัศน์แพร่ภาพ ออกอากาศในระบบขาวดำ และได้วิวัฒนาการเป็นระบบสีในเวลาต่อมา

ระบบสีของโทรทัศน์ ได้ถูกพัฒนาขึ้นใช้เป็นครั้งแรกในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีชื่อเรียกว่าระบบ *NTSC* (National Television System Committee) มีมาตรฐานในการแสดงภาพ 525 เส้นต่อภาพ และ 30 ภาพต่อวินาที มีสถานีโทรทัศน์ต่าง ๆ แพร่ภาพสีในระบบนี้ และมีผู้รับชมจำนวนมาก แต่ในระยะแรกที่มีการพัฒนาระบบโทรทัศน์สีขึ้นใช้นั้นก็ประสบปัญหาความผิดพลาดของสี ซึ่งเกิดจากวิธีการผสมสัญญาณสีของระบบ NTSC ทำให้มีผู้ที่พยายามคิดค้นวิธีการผสมสัญญาณสีที่ดีกว่า ซึ่งทำให้เกิดระบบ *SECAM* (Sequential Color with Memory) และระบบ *PAL* (Phase Alternating Line)ในเวลาต่อมา

ในขณะที่มีระบบโทรทัศน์สีเกิดขึ้นหลายระบบนั้น แต่ละประเทศก็ได้กำหนดใช้ระบบสีที่แตกต่างกันออกไป นอกจากนี้ยังมีข้อกำหนดปลีกย่อยอื่นซึ่งแตกต่างกันออกไปอีก มีผลทำให้ระบบสัญญาณโทรทัศน์ที่ใช้กันอยู่ในโลกแตกต่างกันออกไป นับสิบ ๆ ระบบ

เมื่อพูดถึงสื่อที่สามารถแสดงภาพเคลื่อนไหวประกอบเสียงได้นั้น แต่เดิมมีเพียงภาพยนตร์ ซึ่งสามารถที่จะนำไปฉายดูในประเทศใด ๆในโลกก็ได้แต่ในปัจจุบันวิทยาการเจริญขึ้น มีสื่อหลายชนิดที่ใช้ร่วมกับโทรทัศน์เพื่อแสดงภาพเคลื่อนไหวประกอบเสียง นอกเหนือจากสถานีส่งโทรทัศน์ภายในประเทศแล้ววิดีโอเทป วิดีโอเกมส์ (Video Games) เลเซอร์ดิสก์ (Laser Disc)โทรทัศน์ผ่านดาวเทียม (Television Via Satellite) ที่ถูกนำมาใช้นั้นจะต้องคำนึงถึงระบบของสัญญาณภาพให้เป็นระบบเดียวกับเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีอยู่ ซึ่งโดยทั่วไปก็มักจะไม่มีปัญหา เนื่องจากผู้ที่ต้องการใช้สื่อเหล่านั้น ซึ่งเป็นอุปกรณ์พิเศษมักจะหาเครื่องรับโทรทัศน์ที่สามารถรับสัญญาณภาพได้หลายระบบมาใช้ แต่มีอยู่สิ่งหนึ่งซึ่งโดยทั่วไปผู้ใช้ธรรมดาไม่สามารถกระทำได้ ก็คือการแปลงสัญญาณภาพที่ถูกส่งออกจากแหล่งกำเนิดในระบบหนึ่ง ให้กลายเป็นสัญญาณภาพในอีกระบบหนึ่ง ยกตัวอย่าง เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณภาพจากเครื่องเลเซอร์ดิสก์จะอยู่ในระบบ NTSC เท่านั้น ผู้ใช้จะไม่สามารถบันทึกสัญญาณภาพดังกล่าวให้ไปเก็บอยู่ในวิดีโอเทประบบ PAL ได้ จากข้อจำกัดดังกล่าว ทำให้สื่อจากต่างประเทศที่อยู่ในรูปของวิดีโอเทป หรือ เลเซอร์ดิสก์ ในระบบอื่นๆที่ไม่ได้เป็นมาตรฐานเดียวกับระบบโทรทัศน์ในประเทศไทย ไม่แพร่หลายไปสู่ประชาชนโดยทั่วไป

วิธีการแปลงระบบสัญญาณภาพ (Video Signal Conversion) ในปัจจุบันจะต้องใช้เครื่องแปลงระบบที่ถูกสร้างขึ้นมาโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีราคาแพงหลายล้านบาทมีอยู่น้อยในประเทศไทย ผู้ที่ต้องการใช้เครื่องมือดังกล่าวจะต้องเช่าใช้ในราคาแพง เช่น ถ้าต้องการสำเนา (Duplicate) วิดีโอเทปจากต้นฉบับในระบบหนึ่งไปสู่อีกระบบหนึ่ง จะต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงประมาณ 1,000 บาทต่อความยาวเทป 1 ชั่วโมง

จากเหตุผลต่าง ๆ ดังกล่าว จึงเป็นแรงดลใจในการวิจัยหาแนวทางในการสร้างเครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพ โดยมุ่งเน้นไปที่การแปลงระบบ 525 เส้น 30 ภาพต่อวินาที ให้เป็นระบบ 625 เส้น 25 ภาพต่อวินาที ซึ่งจะมีประโยชน์หลักในการแปลงสัญญาณภาพจากเลเซอร์ดิสก์ให้เป็นระบบมาตรฐานที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทย เพื่อเป็นการเผยแพร่ข่าวสารความรู้ให้กว้างขวางออกไป นอกจากนี้ยังสามารถใช้แปลงระบบสัญญาณภาพอื่น ๆ เช่นการสำเนาวิดีโอเทปจาก สหรัฐอเมริกา หรือ ญี่ปุ่น ซึ่งเป็นประเทศผู้นำทางเทคโนโลยีและต่างก็ใช้ระบบ NTSC เป็นมาตรฐาน สรรพวิทยาการจำนวนมาก จึงถูกบันทึกลงในวิดีโอเทประบบ NTSC ดังนั้น การแปลงระบบ NTSC มาสู่ระบบ PAL ซึ่งเป็นมาตรฐานของไทยจะทำให้เกิดการถ่ายทอดวิทยาการได้อย่างมากมาย หรือถ้าสามารถสร้างได้ในราคาที่ต่ำพอ อาจนำไปใช้ร่วมกับระบบโทรทัศน์ผ่านดาวเทียม เพื่อความบันเทิงในบ้านก็ได้

เนื่องจากเครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพที่สมบูรณ์นั้นประกอบด้วยวงจรหลายส่วน ระยะเวลา 1 ปีการศึกษาไม่เพียงพอที่ผู้จัดทำจำนวนสองคนจะสามารถออกแบบสร้างขึ้นทั้งหมดได้ จึงได้เลือกออกแบบสร้างวงจรที่สามารถแปลงระบบสัญญาณภาพขาวดำที่มีความถี่ภาพเท่ากับระบบ NTSC ให้มีความถี่เท่ากับระบบ PAL ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญ และเป็นส่วนที่ยากที่สุดของการแปลงระบบดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างเครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพที่สมบูรณ์ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การสร้างภาพบนจอโทรทัศน์

การสแกน (Scanning)

การที่จะส่งสัญญาณภาพ 2 มิติไปในสายส่งสัญญาณคู่เดียว หรือส่งไปทางคลื่นวิทยุนั้น จำเป็นที่จะต้องแบ่งภาพออกเป็นจุดเล็ก ๆ จำนวนมากแล้วจึงทยอยส่งจุดเหล่านั้นไปทีละจุด แล้วจึงค่อยไปรวมกันที่ปลายทาง เพื่อให้เกิดเป็นภาพ 2 มิติเหมือนเดิมอีกครั้งหนึ่ง โดยความชัดเจนเหมือนจริงของภาพที่จะไปปรากฏที่ปลายทาง จะมีความเหมือนจริงมากน้อยเพียงใด ย่อมขึ้นอยู่กับความละเอียดของจุดภาพที่ถูกแบ่งออกจากภาพจริง และถ้าต้องการสร้างภาพเคลื่อนไหวที่ทำให้คนดูแล้ว มีความรู้สึกสมจริงสมจังไม่เกิดการกระตุก ก็จะต้องสร้างภาพที่มีการเคลื่อนไหวในจังหวะที่ต่อเนื่องกันไปคล้ายภาพยนตร์ ด้วยอัตราที่ไม่ต่ำกว่า 16 ภาพต่อวินาที แต่ถ้ายิ่งสามารถทำให้มีจำนวนภาพมากเท่าไรเกิดขึ้นในเวลาที่เท่ากันแล้ว ก็จะยิ่งทำให้ดูสบายตามากขึ้นเท่านั้น เช่นภาพยนตร์ใช้อัตรา 24 ภาพต่อวินาที ดังนั้น ถ้าต้องการส่งภาพเคลื่อนไหวไปในระยะทางไกล ๆ โดยใช้วิธีการส่งไปในรูปของสัญญาณไฟฟ้านั้น จำเป็นจะต้องส่งจุดภาพไปด้วยอัตราเท่ากับ (จำนวนจุดต่อ 1 ภาพ X จำนวนภาพต่อวินาที) จุดต่อวินาที

วิธีแบ่งภาพออกเป็นจุดเล็ก ๆ ทำโดยการแบ่งตามคู่ลำดับโดยที่จุดแรกจะอยู่ที่มุมบนซ้ายของภาพ แล้วจึงไล่จุดต่อ ๆ ไป ทางขวาในแนวระดับจนสุดขอบขวาของภาพ ถือว่าครบ 1 เส้น จึงจะกลับมาเริ่มนับจุดถัดไปที่ตำแหน่งซ้ายสุดชิดด้านล่างของจุดแรก ซึ่งจุดนี้จะถือเป็นจุดแรกของเส้นที่ 2 ทำดังนี้เรื่อยไปจนครบทุกเส้น ก็จะมาครบจุดสุดท้ายที่มุมล่างขวาพอดี การไล่จุดดังนี้เรียกว่าการกวาด หรือ การสแกน

เพื่อไม่ให้ภาพที่ปรากฏบนจอมีอาการกระพริบ จึงได้ใช้วิธีการสแกนสองรอบต่อการแสดงภาพบนจอ 1 ภาพ ซึ่งกระทำโดยการกวาดภาพในเส้นคี่มาแสดงบนจอก่อน แล้วจึงกวาดภาพเส้นคู่ให้มาปรากฏสลับกับภาพเส้นคี่เดิม ซึ่งการสแกนแบบนี้เรียกว่า การสแกนแบบ *อินเทอร์เลซ (Interlace)*

โดยที่การสแกนจากบนลงล่าง 1 รอบจะถูกเรียกว่า 1 ฟิลด์ ในขณะที่ 1 ภาพถูกเรียกว่า 1 *เฟรม (Frame)* ดังนั้นในระบบนี้ 1 เฟรมจะประกอบด้วย 2 ฟิลด์

เอกสารนี้เผยแพร่ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณภาพ หรือสัญญาณวิดีโอ (Video signal)

จุดภาพใดมีความสว่างมากจะทำให้สัญญาณภาพของจุดดังกล่าวมีระดับแรงดัน (Voltage) สูง ในขณะที่จุดภาพที่มีความสว่างน้อย ก็ จะมีระดับแรงดันต่ำ การส่งจุดภาพต่อเนื่องกันไปเรื่อย ๆ นั้น จำเป็นที่ต้นทางจะต้องสื่อสารกับปลายทางเพื่อให้ปลายทางรับรู้ว่า จุดภาพที่ส่งไปนั้นคือจุดภาพที่ควรจะไปปรากฏ ณ ตำแหน่งคู่ลำดับใด โดยใช้วิธีการที่เครื่องส่งและเครื่องรับ จะต้องมีความเร็วในการ ส่ง-รับข้อมูลที่เท่ากันเสียก่อน โดยการนี้จึงมีการกำหนดความถี่มาตรฐานขึ้น

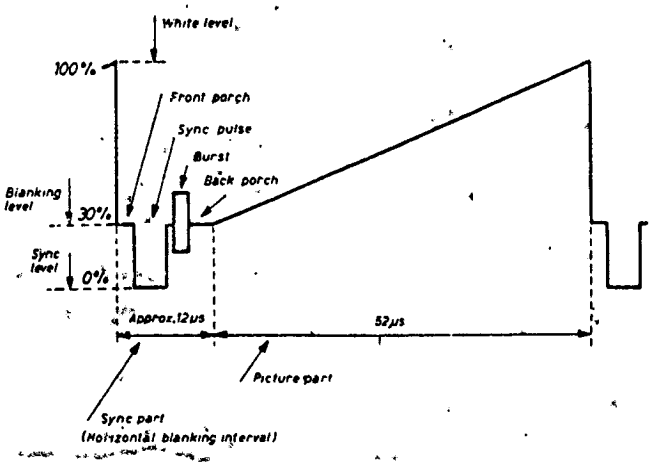
เพียงความถี่ของเครื่องส่งและเครื่องรับเท่ากัน ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้การรับภาพ ออกมาเหมือนภาพที่ส่งเสมอไปได้ และการจะทำให้แหล่งกำเนิดความถี่ที่อยู่ห่างไกลกันสองแหล่ง สร้างความถี่ที่เท่ากันจริง ๆ นั้นเป็นสิ่งที่ไม่สามารถกระทำได้ จึงจำเป็นต้องมีการส่งสัญญาณที่ไม่ใช่สัญญาณภาพ แต่เป็นสัญญาณที่ใช้บอกให้เครื่องรับ ทราบทุก ๆ ครั้งที่เริ่มต้นส่งภาพ ภาพใหม่ และถี่กว่านั้น คือทุก ๆ ครั้งที่มีการขึ้นเส้นใหม่

สัญญาณดังกล่าวเรียกว่าสัญญาณ *ซินโครไนซิ่ง (Synchronizing)* หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่าสัญญาณ *ซิงค์ (Sync.)* ถ้าเป็นสัญญาณซิงค์ที่เกิดขึ้นตอนต้นของภาพ หรือทุก ๆ รอบการวนในแนวดิ่งจะถูกเรียกว่า *Vertical Sync.* หรือเรียกย่อว่า Ver.Sync. ในขณะที่สัญญาณซิงค์ที่เกิดขึ้นทุก ๆ รอบการวนในแนวนอน (ทุก ๆ เส้น) จะถูกเรียกว่า *Horizontal Sync.* เรียกย่อว่า Hor.Sync.

เนื่องจากการสแกนเพื่อสร้างภาพให้เกิดบนจอของเครื่องรับนั้น ใช้สนามแม่เหล็กในการบังคับการเบี่ยงเบนของลำอิเลคตรอน ให้เคลื่อนที่จากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่างตามลักษณะของกวาดสแกนที่ได้กล่าวมาแล้ว เราไม่สามารถที่จะบังคับสนามแม่เหล็กให้เปลี่ยนขั้วทันทีทันใด ในขณะที่ต้องการขึ้นเส้นใหม่หลังจากที่จบเส้นเก่า หรือในขณะที่สแกนจนจบภาพที่มุมขวาล่าง และจะมาตั้งต้นขึ้นภาพใหม่ที่มุมบนซ้าย ดังนั้นจึงได้มีการกำหนดให้ไม่มีการแสดงผลในขณะที่กำลังเกิดการ *สบัดกลับ (Retrace)* จากขวามาซ้าย และจากล่างขึ้นบน ซึ่งในจังหวะเวลาดังกล่าวทางเครื่องส่งจะมีการส่งสัญญาณซิงค์มาแทนสัญญาณภาพ

สัญญาณภาพอย่างเดียวจะถูกเรียกว่าสัญญาณวิดีโอ แต่เมื่อรวมสัญญาณภาพกับสัญญาณซิงค์เข้าด้วยกันแล้วก็จะถูกเรียกว่าสัญญาณ *คอมโพสิต วิดีโอ (Composite Video)*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



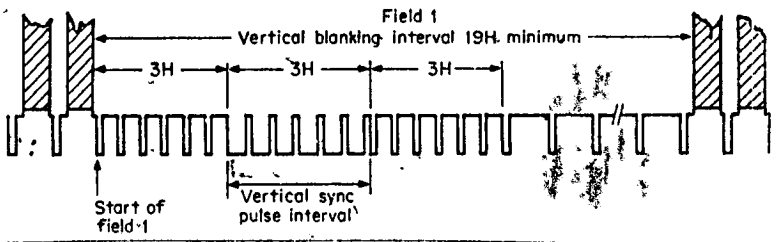
สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ (1 เส้นสแกน)

มาตรฐานของสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ (ต่อไปนี้จะขอเรียกสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอแต่เพียงสั้น ๆ ว่าสัญญาณวิดีโอ และจะขอเรียกสัญญาณวิดีโอที่ไม่มีสัญญาณซิงค์ว่าสัญญาณภาพ) กำหนดให้มีขนาดแรงดัน*ยอดถึงยอด (Peak to Peak)* เท่ากับ 1 โวลต์ โดยที่*ระดับดำ (Black Level)* จะอยู่ที่ 0.3 โวลต์ ในขณะที่*ระดับขาว (White Level)* จะมีค่า 1.0 โวลต์

ระดับขาวคือระดับแรงดันของสัญญาณที่ทำให้ภาพปรากฏบนจอมีความเข้มสูงสุดตรงกันข้ามกับระดับดำที่ทำให้ภาพบนจอมีความเข้มต่ำสุด

ส่วนสัญญาณซิงค์จะเป็น*พัลซ์ลบ (Negative Pulse)* ที่เปลี่ยนระดับจาก 0.3 โวลต์ ลงมาสู่ระดับ 0 โวลต์

ในความเป็นจริง สัญญาณวิดีโอจะเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่องกันไปของเส้นสแกนนับร้อย (จะเป็นกี่เส้นนั้นขึ้นอยู่กับมาตรฐานของแต่ละระบบ) ซึ่งแต่ละเส้นก็จะประกอบไปด้วย 1 HOR.SYNC. และ สัญญาณภาพ 1 เส้น จึงจะถูกคั่นด้วยสัญญาณ VER.SYNC. 1 ครั้ง ซึ่งก่อนและหลังสัญญาณ VER.SYNC. จะไม่มีสัญญาณภาพชั่วขณะหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า *ช่วงแบลงก์ในแนวดิ่ง (Vertical Blanking Interval)*



แสดงสัญญาณ VER.SYNC. และช่วงแบลงก์แนวดิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานสัญญาณภาพสีในปัจจุบัน

ระบบสี ในปัจจุบันมีระบบสีหลักที่ใช้กันอยู่ 3 ระบบคือระบบ NTSC ซึ่งนำออกใช้ในอเมริกาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1954 , ระบบ SECAM ของประเทศฝรั่งเศส , ระบบ PAL ของประเทศเยอรมัน สองระบบหลังนี้ถูกนำออกใช้ในปี ค.ศ.1967 โดยได้รับการพัฒนาให้มีความถูกต้องในการรับสัญญาณสี (Chrominance) ดีกว่าระบบ NTSC

ทั้งสามระบบมีความถี่ Subcarrierสี และวิธีเข้ารหัสสีที่แตกต่างกัน

ความถี่ นอกเหนือจากมาตรฐานระบบสีที่แบ่งออกเป็นสามระบบแล้ว ในระบบสีเดียวกันยังแบ่งออกเป็นระบบย่อย ๆ อีกหลายระบบ ซึ่งแต่ละระบบย่อยเหล่านี้จะมีความแตกต่างกันในเรื่องต่าง ๆ เช่น ความถี่ในการสแกน , ความถี่ Subcarrierสี , Bandwidth , คาบเวลาต่างๆ ฯ ล ฯ เมื่อตัดระบบ A ซึ่งเป็นระบบขาวดำโบราณ และระบบ E ซึ่งเป็นระบบ HDTV ซึ่งเป็นระบบใหม่ซึ่งยังไม่แพร่หลายออกแล้วจะยังคงเหลือระบบย่อยของระบบต่าง ๆ ดังนี้

NTSC : M
PAL : M , B , G , H , I
SECAM : B , D , G , H , K , K1 , L

ในที่นี้จะเปรียบเทียบให้เห็นเฉพาะในส่วนที่แตกต่างกันของระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องแปลงระบบเท่านั้น ได้แก่

จำนวนเส้นต่อภาพ (เส้น)	525	ระบบ M
	625	ระบบ N C B G H I D K K1 L
ฟิลด์ต่อวินาที	59.94	ระบบ M
	50.00	ระบบ N C B G H I D K K1 L
ความถี่แนวนอน (เส้นต่อวินาที)	15,734	ระบบ M
	15,625	ระบบ N C B G H I D K K1 L

จะเห็นว่าเมื่อแบ่งกลุ่มตามข้อกำหนดทั้งสาม จะทำให้ระบบ M ถูกแยกออกจากระบบส่วนใหญ่อื่น ๆ ซึ่งดูคล้ายกับว่าระบบ M นี้น่าจะมีความหมายเท่าใดนัก แต่ถ้าหากย้อนกลับไปดู ถัดขึ้นไปข้างบนเล็กน้อยจะเห็นว่าระบบ NTSC เป็นระบบ M ทั้งหมด และเมื่อดูตารางในหน้าถัดไปจะพบว่าประเทศสำคัญหลายประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา ญี่ปุ่น เกาหลี ฯ ล ฯ ต่างใช้ระบบ M/NTSC เป็นมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานระบบสัญญาณของประเทศต่าง ๆ

Country	Band I/III (VHF)	Band IV/V (UHF)	Country	Band I/III (VHF)	Band IV/V (UHF)
Algeria	B/PAL	G§, H§/PAL	Jamaica	M	
Angola	I/PAL§		Japan	M/NTSC	M/NTSC
Argentina	N/PAL	N/PAL	Jordan	B/PAL	
Australia	B/PAL		Kenya	B/PAL	
Austria	B/PAL	G/PAL	Korea (South)	M/NTSC	M/NTSC
Bahrain	B/PAL		Kuwait	B/PAL	
Bangladesh	B/PAL		Lebanon	B/SECAM	
Barbados	N/NTSC		Liberia	B/PAL	
Belgium	B/PAL	H/PAL	Libya	B/SECAM	
Bermuda	M/NTSC		Luxembourg	C/SECAM	G/PAL
Bolivia	N/NTSC				L/SECAM
Brazil	M/PAL	M/PAL			
Brunei	B/PAL		Madeira	B/PAL	
Bulgaria	D/SECAM	K/SECAM	Malagasy	K1/	
Canada	M/NTSC	M/NTSC		SECAM	
Canary Islands	B/PAL		Malaysia (Fed.	B/PAL	
Chile	M/NTSC	M/NTSC	of)		
China (People's	D/PAL	K/PAL	Malta	B/PAL	H/PAL
Rep.)			Martinique	K1/	
Colombia	M/NTSC	M/NTSC		SECAM	
Costa Rica	M/NTSC	M/NTSC	Mauritius	B/SECAM	
Cuba	M	M	Mexico	M/NTSC	M/NTSC
Cyprus	B/PAL	G,H§/PAL	Monaco	E/SECAM	G/PAL
Czechoslovakia	D/SECAM	K/SECAM			L/SECAM
Denmark	B/PAL		Morocco	B/SECAM	
Djibouti (Rep.)	K1/		Netherlands	B/PAL	G/PAL
	SECAM		Netherlands	M/NTSC	M/NTSC
Dominican	M/NTSC	M/NTSC	Antilles		
Republic			New Caledonia	K1/	
Ecuador	M/NTSC	M/NTSC		SECAM	
Egypt (Arab	B/SECAM	G§, H§/	New Zealand	B/PAL	
Rep.)		SECAM	Nicaragua	M/NTSC	M/NTSC
El Salvador	M/NTSC	M/NTSC	Niger	K1/	
				SECAM	
Equatorial	B/PAL§		Nigeria	B/PAL	
Guinea			Norway	B/PAL	G/PAL
Ethiopia	B/PAL§		Oman	B/PAL	G/PAL
Finland	B/PAL	G/PAL	(Sultanate of)		
France	E	L/SECAM	Pakistan	B/PAL	
Gabon	K1/SECAM				
Germany (East)	B/SECAM	G/SECAM	Panama	M/NTSC	M/NTSC
Germany (West)	B/PAL	G/PAL	Paraguay	N/PAL	
Ghana	B/PAL§		Peru	M/NTSC	M/NTSC
Gibraltar	B/PAL		Philippines	M/NTSC	M/NTSC
Greece	B/SECAM		Poland	D/SECAM	K/SECAM
Guadeloupe	K1/SECAM		Portugal	B/PAL	G/PAL
Guatemala	M/NTSC	M/NTSC	Qatar	B/PAL	
Haiti	M/NTSC	M/NTSC	Reunion	K1/SECAM	
Honduras	M/NTSC	M/NTSC	Sabah/Sarawak	B/PAL	
Hong Kong	B/PAL	I/PAL	Saudi Arabia	B/SECAM	G/SECAM
Hungary	D/SECAM	K/SECAM	Sierra Leone	B/PAL	
Iceland	B/PAL		Singapore	B/PAL	
India	B		South Africa	I/PAL	I/PAL
Indonesia	B/PAL				
Iran	B/SECAM		Spain	B/PAL	G/PAL
Iraq	B/SECAM				
Ireland	A	I/PAL	St. Kitts	M/NTSC	M/NTSC
Israel	B/PAL	G/PAL	Sudan	B/PAL§	
Italy	B/PAL	G/PAL			
Ivory Coast	K1/		Surinam	M/NTSC	M/NTSC
	SECAM		Swaziland	B/PAL	G/PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Country	Band I/III (VHF)	Band IV/V (UHF)	Country	Band I/III (VHF)	Band IV/V (UHF)
Sweden	B/PAL	G/PAL	United Arab Emirates	B/PAL	G/PAL
Switzerland	B/PAL	G/PAL	United Kingdom	A	I/PAL
Syrian Arab Rep.	B/SECAM		United States	M/NTSC	M/NTSC
Taiwan	M/NTSC	M/NTSC	Uruguay	N/PAL	N/PAL
Tanzania (Zanzibar)	B/PAL	B/PAL	USSR	D/SECAM	K/SECAM
			Venezuela	M/NTSC	M/NTSC
Thailand	B/PAL	M/PAL			
Togo	K1/SECAM		Yemen Arab Rep.	B/PAL	
Trinidad and Tobago	M/NTSC	M/NTSC	Yugoslavia	B/PAL	H/PAL
			Zaire	K1/SECAM	
Tunisia	B/SECAM		Zambia	B/PAL	
Uganda	B/PAL		Zimbabwe	B	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

2.3 การเก็บภาพลงหน่วยความจำ

สัญญาณภาพเป็นสัญญาณอนาลอก การจะเก็บสัญญาณภาพลงหน่วยความจำนั้นจะต้องแปลงสัญญาณภาพให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน โดยใช้การแปลงแบบ PAM (Pulse Amplitude Modulation) ซึ่งเป็นการสุ่มสัญญาณอนาลอก มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด n บิท (Bit = Binary digit) ต่อการสุ่มหนึ่งครั้ง ซึ่งจะทำให้สัญญาณอนาลอกถูกแบ่งออกเป็น 2^n ระดับ ถ้าต้องการให้สัญญาณดิจิตอล มีความใกล้เคียงกับสัญญาณอนาลอกมากที่สุด ก็จะต้องสุ่มสัญญาณให้บ่อยครั้งที่สุด และให้การแปลงมีความละเอียดมากที่สุด โดยให้มีจำนวนบิทมากที่สุด แต่ก็ทำให้ต้องใช้หน่วยความจำในการเก็บมากด้วยเช่นกัน

2.3.1 สัญญาณภาพระบบ M/NTSC

ระบบ NTSC มีจำนวนเส้นสแกนต่อ 1 เฟรม เท่ากับ 525 เส้น ซึ่งจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ฟิลด์ ฟิลด์ละ 262.5 เส้น โดยในแต่ละฟิลด์จะมีเส้นจำนวน 19-21 เส้นที่ไม่มีสัญญาณภาพ เนื่องจากตกอยู่ในช่วงของ *ฟิลด์แบลงกิ้ง (Field Blanking)* หรือช่วงแบลงก์ในแนวดิ่งดังที่ได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.1.2 นั่นเอง ดังนั้นจึงเหลือเส้นสแกนที่มีภาพจริง ๆ เพียงประมาณ 242 เส้นต่อฟิลด์เท่านั้น

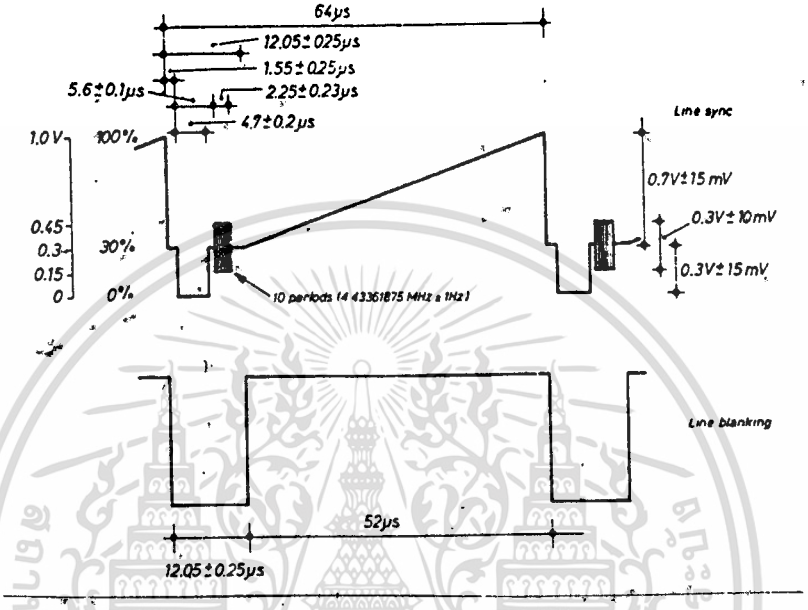
ในแต่ละเส้นสแกนกินเวลาทั้งสิ้น 63.555 *ไมโครวินาที (Micro Second)* โดยเป็นช่วงแบลงก์ในแนวนอน 10.7 - 11.1 ไมโครวินาที ทำให้เหลือสัญญาณภาพไม่ถึง 53 ไมโครวินาทีต่อ 1 เส้น

การเก็บสัญญาณภาพระบบ NTSC ลงหน่วยความจำจึงเป็นการเก็บสัญญาณที่มีคาบเวลา 53 ไมโครวินาที จำนวน 242 ครั้ง ต่อภาพ 1 ฟิลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
026929

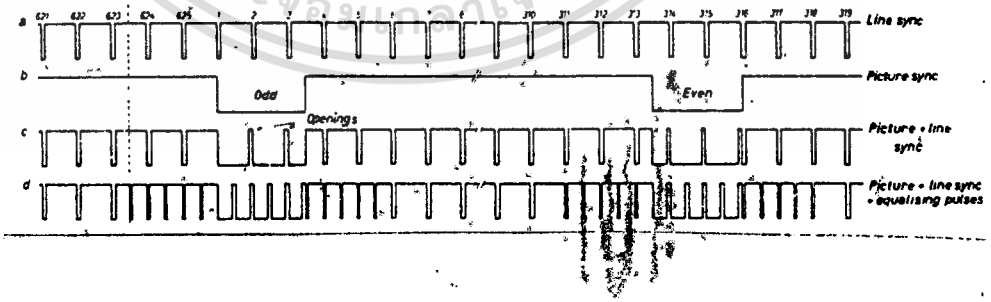
ระบบ PAL

ระบบ PAL มีมาตรฐานของคาบเวลาใน 1 เส้นดังในภาพ



มาตรฐานเวลาของระบบ PAL

และสัญญาณซิงค์จะต้องมีลักษณะดังในภาพ

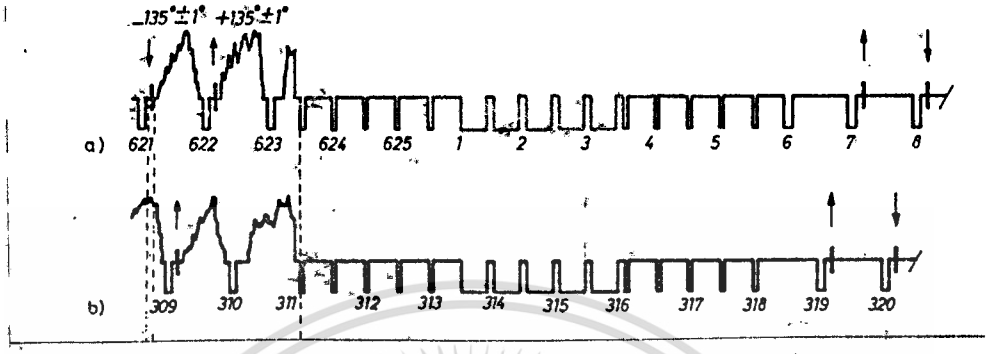


สัญญาณซิงค์ระบบ PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

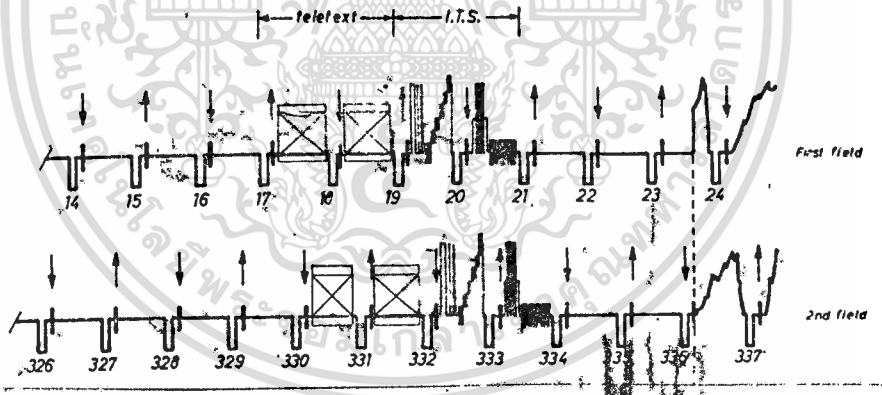
สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอในช่วงชิงค์แนวดิ่งของฟิลด์คี่ และ ฟิลด์คู่

จะมีลักษณะดังภาพ



สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอในช่วงชิงค์แนวดิ่ง

และสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอในช่วงแบลงก์แนวดิ่ง ซึ่งต่อเนื่องไปจากช่วงชิงค์แนวดิ่งจนกระทั่งถึงช่วงที่เริ่มมีภาพจะแสดงได้ดังต่อไปนี้



แสดงจุดเริ่มของสัญญาณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

3.1 บล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ของการแปลงระบบฯ

เครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพ ที่สามารถแปลงสัญญาณภาพสีในระบบ NTSC ให้เป็นระบบ PAL B ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายของการใช้งานในประเทศไทยนั้น ควรจะประกอบด้วยวงจรพื้นฐานต่าง ๆ ดังแสดงในภาพ คือประกอบด้วย

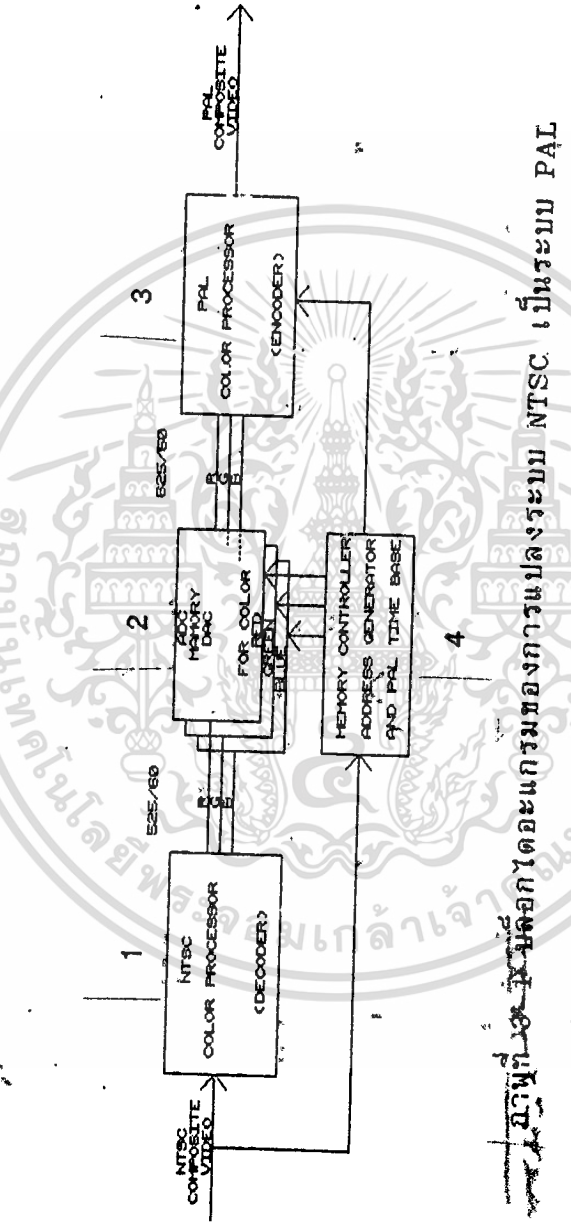
1. วงจรแยกสีจากสัญญาณ NTSC ให้เป็นสัญญาณ RGB
2. ส่วนของหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บภาพชั่วคราว เพื่อนำไปสร้างภาพที่มีจำนวนเส้นและความถี่ใหม่ วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล และวงจรแปลงดิจิตอลกลับเป็นอนาลอก
3. วงจรที่ทำหน้าที่รวมสัญญาณ RGB ให้เป็นสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอระบบ PAL
4. วงจรควบคุมหน่วยความจำ เพื่อทำให้สัญญาณภาพ 525 เส้น 60 ฟิลด์ต่อวินาที กลายเป็นสัญญาณภาพ 625 เส้น 50 ฟิลด์ฯ

วงจรในส่วนที่ 1 และวงจรในส่วนที่ 3 นั้น มี IC สำเร็จรูปซึ่งทำให้สามารถประกอบวงจรในสองส่วนดังกล่าวขึ้นได้โดยใช้อุปกรณ์ไม่กี่ชิ้น

วงจรในส่วนที่ 2 จำเป็นจะต้องใช้วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลร่วมกับหน่วยความจำความเร็วสูงจำนวนมาก และจะต้องใช้วงจรแบบเดียวกันจำนวน 3 ชุด สำหรับสัญญาณสีทั้งสาม ส่วนวงจรควบคุม (ส่วนที่ 4) จะต้องกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่มาตรฐานระบบ PAL ซึ่งสัมพันธ์กันกับสัญญาณระบบ NTSC ที่เข้าสู่วงจร

จะเห็นว่าหัวใจสำคัญของการแปลงระบบคือวงจรส่วนที่ 2 และวงจรในส่วนที่ 4 นั่นเอง แต่เนื่องจากวงจรในส่วนที่ 2 ประกอบด้วยอุปกรณ์ที่มีราคาสูง และมีวงจรแบบเดียวกัน 3 ชุด จึงจะทดลองทำวงจรในส่วนที่ 2 ขึ้นใช้เพียงชุดเดียว และเมื่อนำมาใช้ร่วมกับวงจรส่วนที่ 4 ก็จะสามารถแปลงสัญญาณภาพขาวดำ ในระบบ 525/60 ให้เป็นสัญญาณภาพในระบบ 625/50 ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2 แสดงไดอะแกรมของการแปลงระบบ NTSC เป็นระบบ PAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 แนวความคิดในการแปลงระบบ

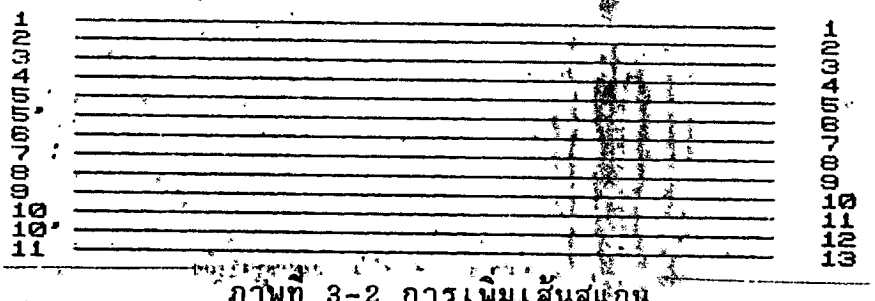
เนื่องจากภาพต้นแบบ (ระบบ NTSC) มีจำนวนเส้นสแกนเท่ากับ 525 เส้น ในขณะที่สัญญาณภาพที่ต้องการให้เป็นนั้นมีจำนวนเส้นสแกนเท่ากับ 625 เส้น ดังนั้นสิ่งที่ต้องกระทำอย่างหนึ่งก็คือการทำให้ภาพเดิม ประกอบด้วยจำนวนเส้นที่มากขึ้นในอัตาส่วนประมาณ 6:5 เท่า

อีกประการหนึ่งคือภาพต้นแบบ มีจำนวนประมาณ 60 ฟิลด์ ต่อวินาที ต้องการทำให้มีจำนวนเพียง 50 ฟิลด์ ต่อวินาที จำเป็นต้องใช้วิธีทิ้งภาพต้นแบบ 1 ฟิลด์ ในทุก ๆ 6 ฟิลด์ของภาพต้นแบบ

เพื่อที่จะให้ได้ผลทั้งสองประการ จำเป็นจะต้องใช้วิธีเก็บสัญญาณภาพลงหน่วยความจำด้วยความเร็วเท่ากับสัญญาณภาพที่เข้ามา แล้วใช้กรรมวิธีในการอ่านหน่วยความจำด้วยความเร็วที่แตกต่างไปจากเดิม รวมทั้งมีการสร้างเส้นสแกนใหม่ขึ้นแทรกเส้นสแกนเดิม ทุกระยะสม่ำเสมอ จึงจะทำให้ภาพที่ปรากฏใหม่ มีจำนวนเส้นเพิ่มขึ้นขณะที่ยังคงดูกลมกลืน ไม่เกิดความเพี้ยนมากจนเกินไป

เส้นสแกนที่สร้างขึ้นแทรกเส้นสแกนเดิมนั้นควรจะมีลักษณะเช่นไร จึงจะทำให้ภาพดูกลมกลืนที่สุดนั้น มีวิธีการหลายวิธีด้วยกัน เช่นวิธีที่ง่ายที่สุดคือวิธีสร้างเส้นสแกนใหม่นี้ ขึ้นจากเส้นสแกนก่อนหน้าโดยการอ่านหน่วยความจำซ้ำตำแหน่งของเส้นสแกนก่อนหน้าอีกหนึ่งครั้ง ทำให้มีภาพบางเส้นที่จะปรากฏขึ้นบนจอสองครั้งติด ๆ กัน , หรืออาจใช้วิธีผสมภาพจากเส้นสแกนก่อนหน้า กับเส้นสแกนถัดไป , หรือเฉลี่ยภาพขึ้นจากเส้นสแกนหลาย ๆ เส้นที่อยู่ใกล้เคียงก็ได้ แต่ในที่นี้จะใช้วิธีที่ง่ายที่สุดในขั้นทดลองก่อน ถ้าคุณภาพของภาพที่ได้ไม่ดีพอก็อาจปรับปรุงวิธีการขึ้นได้อีก

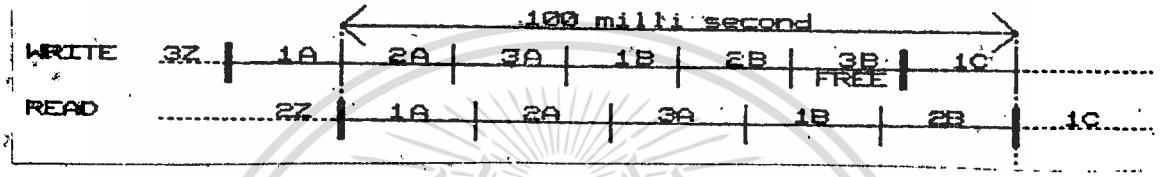
จากภาพข้างล่างจะเห็นว่าตัวเลขทางซ้ายแสดงถึงลำดับของเส้นสแกนจริง ๆ นับตามลำดับที่เขียนเข้าหน่วยความจำ แต่ในขณะที่อ่านออกจากหน่วยความจำ จะมีการอ่านเส้นสแกนที่ 5 และ 10 ซ้ำสองครั้ง เกิดเป็นเส้นที่ 5'และ10' ทำให้มีจำนวนเส้นสแกนเกิดขึ้นใหม่ ตามตัวเลขฝั่งขวามากกว่าตัวเลขฝั่งซ้าย



ภาพที่ 3-2 การเพิ่มเส้นสแกน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การที่สัญญาณภาพเป็นสัญญาณที่ต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา ทั้งระบบต้นแบบและระบบที่ถูกแปลงไปนั้น ทำให้ต้องใช้หน่วยความจำหลายชุด เพราะหน่วยความจำแต่ละชุดจะไม่สามารถใช้ในการเขียนและการอ่าน พร้อมกันได้ เมื่อกำหนดให้หน่วยความจำ 1 ชุดใช้เก็บภาพ 1 ฟิลด์ จึงจะต้องหาว่าจะต้องใช้หน่วยความจำอย่างน้อยที่สุดกี่ชุด จึงจะสามารถทำให้การแปลงระบบดำเนินไปอย่างต่อเนื่องได้

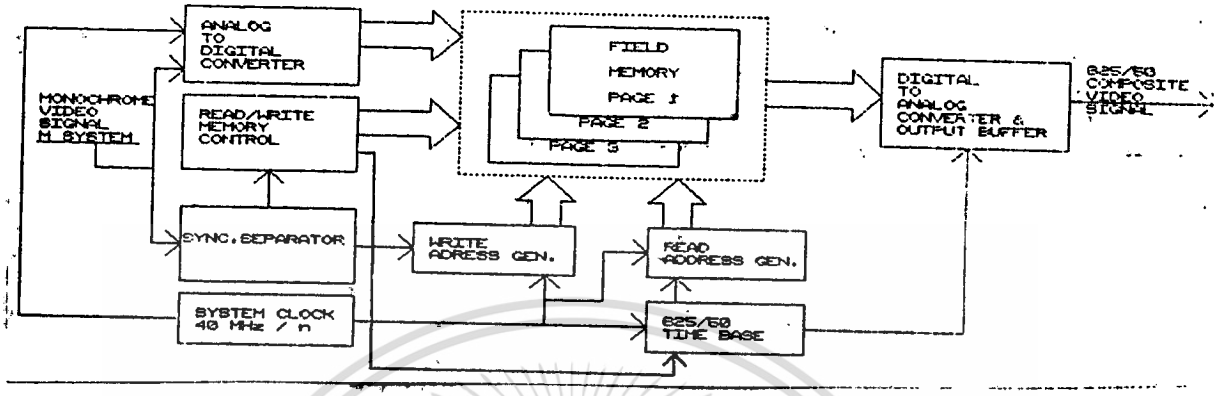


ภาพที่ 3-3 คำนวณการใช้หน่วยความจำ

เมื่อตัวเลขที่ปรากฏในภาพ แสดงถึงหมายเลขของหน่วยความจำ , บรรทัดบนแสดงช่วงเวลาการเขียนหน่วยความจำ , บรรทัดล่างแสดงช่วงเวลาการอ่านหน่วยความจำ , ตัวอักษร A B แสดงถึงรอบของการใช้หน่วยความจำครบ 3 ชุด จะเห็นว่า จะต้องใช้หน่วยความจำอย่างน้อย 3 ชุด จึงจะไม่ทำให้เกิดการเขียนอ่านหน่วยความจำชุดเดียวกัน ในขณะเดียวกันนี้ดูจากบรรทัดบน หลังจากที่ภาพฟิลด์ที่ 1A ถูกเขียนลงหน่วยความจำ ฟิลด์ที่ 1 เสร็จแล้ว ภาพดังกล่าวจะถูกอ่านออกมาโดยใช้เวลามากกว่าเดิม 6/5เท่า พร้อมกับการเขียนภาพฟิลด์ที่ 2A ลงหน่วยความจำ ฟิลด์ที่ 2 และภาพฟิลด์ที่ 2A จะถูกอ่านออกมาหลังจากที่การอ่านภาพที่ 1A ดำเนินไปเรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะเห็นว่าในฟิลด์นี้ ภาพไม่ได้ถูกอ่านทันทีที่การเขียนสิ้นสุดลง แต่จะหน่วงไป 1/5 ฟิลด์ ดังนั้นฟิลด์ที่ 6 ซึ่งก็คือฟิลด์ 3B ในภาพ จะถูกเขียนลงหน่วยความจำเปล่า ๆ โดยไม่มีการอ่านออกมา แต่จะเป็นการกระโดดข้ามไปอ่านฟิลด์ที่ 1 ของรอบถัดไปเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 บล็อกไดอะแกรมของวงจรที่สร้างขึ้น



ภาพที่ 3-4 บล็อกไดอะแกรมของวงจรที่สร้างขึ้น

3.3.1 ขั้นตอนการเก็บภาพระบบ 525/60

วงจร SYNC.SEPARATOR จะแยกสัญญาณซิงค์ที่มากับสัญญาณวิดีโอออกเป็น 1. คอมโพสิตซิงค์ซึ่งประกอบด้วยซิงค์แนวนอนและซิงค์แนวดิ่ง แต่เนื่องจากสัญญาณซิงค์แนวดิ่งจะไม่ถูกนำไปใช้ จึงจะเรียกคอมโพสิตซิงค์ ว่า ซิงค์แนวนอน 2. ซิงค์แนวดิ่ง ซึ่งจะถูกนำไปใช้ควบคุมการเขียนภาพลงหน่วยความจำ และการแปลงสัญญาณภาพ ให้สัมพันธ์กับสัญญาณภาพต้นฉบับ ในขณะที่วงจร ANALOG TO DIGITAL CONVERTER ก็จะแปลงสัญญาณภาพให้เป็นดิจิตอลเพื่อเขียนลงหน่วยความจำ ภายใต้การควบคุมตำแหน่งการเก็บภาพดิจิตอล ของวงจร READ/WRITE CONTROL ร่วมกับวงจร WRITE ADDRESS GENERATOR โดย READ/WRITE CONTROL จะทำหน้าที่เลือก PAGE ของหน่วยความจำ

3.3.2 ขั้นตอนการสร้างภาพระบบ 625/50 จากภาพในหน่วยความจำ

วงจร 625/50 TIME BASE จะถูกควบคุมโดย READ/WRITE CONTROL ให้สัมพันธ์กับสัญญาณภาพระบบ 525/60 เพื่อควบคุมกระบวนการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโดยวงจร READ ADDRESS GENERATOR ให้เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เหมาะสม สัญญาณภาพดิจิตอลที่อ่านได้จากหน่วยความจำจะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณภาพอนาลอก โดยวงจร DIGITAL TO ANALOG CONVERTER เพื่อรวมกับสัญญาณซิงค์ที่ได้จากวงจร 625/50 TIME BASE เป็นสัญญาณ คอมโพสิตวิดีโอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

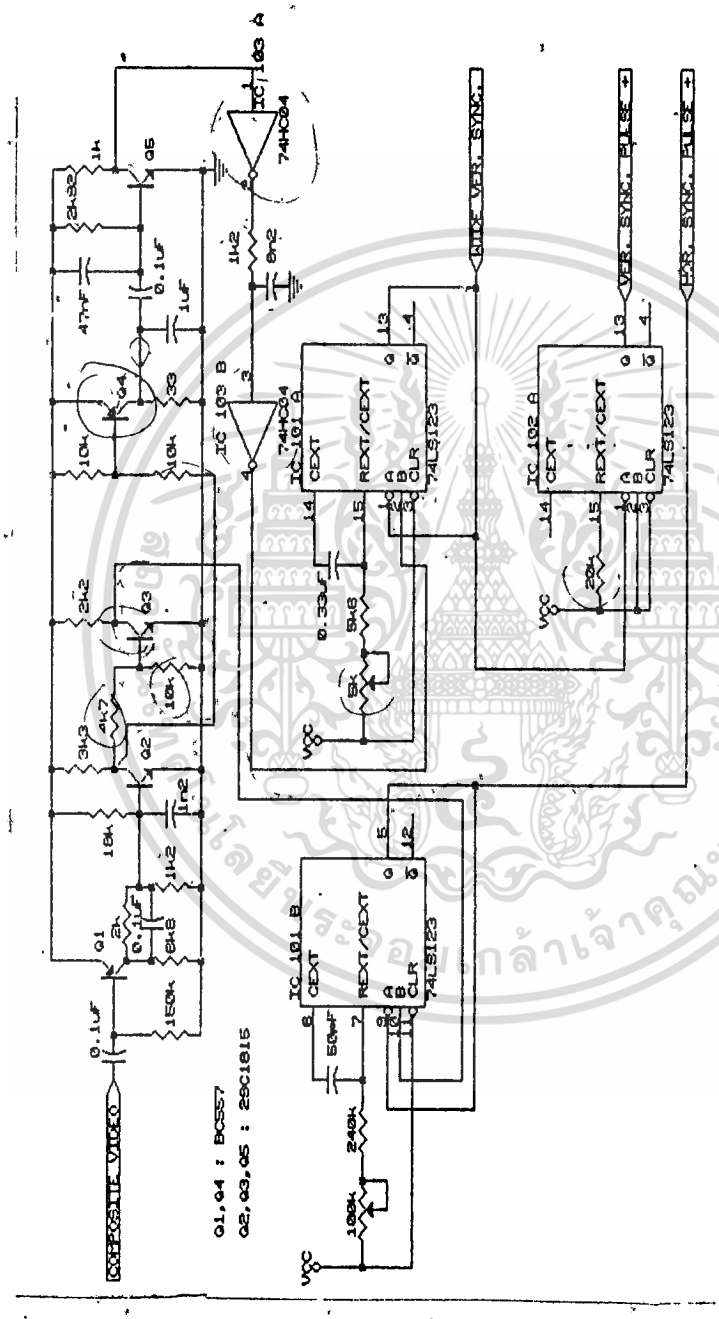
3.4 วงจรแยกสัญญาณซิงค์

ส่วนของวงจรที่ทำหน้าที่แยกสัญญาณซิงค์ออกจากสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอ ใช้ทรานซิสเตอร์ โดยทรานซิสเตอร์ Q_1 ถูกต่อให้ขยายสัญญาณพัลซ์ลบ ซึ่งเป็นรูปแบบของสัญญาณซิงค์ ส่วนสัญญาณภาพซึ่งมีระดับแรงดันโดยเฉลี่ยเป็นบวก จะทำให้ทรานซิสสเตอร์ Q_1 *คัทออฟ (CUT OFF)* แต่อย่างไรก็ตาม ทรานซิสเตอร์ Q_1 ตัวเดียว ไม่สามารถแยกสัญญาณซิงค์ออกจากสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอได้หมด จึงต้องมี R 1.2k และ C 1.2nF กรองสัญญาณภาพที่อาจปนมากับสัญญาณซิงค์ทิ้งไป ทำให้ที่คอลเลคเตอร์ของ Q_2 เหลือเพียงสัญญาณซิงค์ ซึ่งขณะนี้มีพัลซ์ลบ สัญญาณนี้จะถูกกลับเฟสโดย Q_2 อีกทีหนึ่ง ทำให้ได้สัญญาณคอมโพสิตซิงค์พัลซ์บวก ป้อนให้กับ IC 101B ซึ่งเป็นโมโนสเตเบิลปรับค่าของคาบเวลาได้ ทำให้ได้ความกว้างของพัลซ์ตามต้องการ

สัญญาณจากคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q_2 นี้ถูกต่อไปยังทรานซิสเตอร์ Q_4 เพื่อขยายกระแส และลด *เอาท์พุทอิมพีแดนส์ (OUTPUT IMPEDANCE)* วงจรจะได้มีเสถียรภาพดีขึ้น และเนื่องจากสัญญาณที่ผ่านมาถึงคอลเลคเตอร์ของ Q_5 นี้ เป็นสัญญาณคอมโพสิตซิงค์ ซึ่งประกอบด้วย สัญญาณซิงค์ในแนวตั้ง และสัญญาณซิงค์ในแนวนอน เราใช้ *เนทเวิค (Network)* RC ที่อยู่ที่ขาเบสของ Q_5 กำจัดสัญญาณความถี่สูงทิ้งไป เหลือแต่สัญญาณความถี่ต่ำ ซึ่งก็คือสัญญาณซิงค์ในแนวตั้ง สัญญาณซิงค์ในแนวตั้งที่ออกจากขาคอลเลคเตอร์ของ Q_5 นี้ ยังอาจมีสัญญาณซิงค์ในแนวนอนปนออกมาบ้าง จึงนำไปผ่าน IC 103 A ซึ่งต่ออยู่กับ R 1.2k และ C 8.2nF เพื่อกำจัดสัญญาณความถี่สูงทิ้งอีกครั้งหนึ่ง สัญญาณที่ออกจากขา 4 ของ IC 103 B จึงเป็นสัญญาณซิงค์ในแนวตั้งที่มีเสถียรภาพดีแล้ว นำไปป้อนให้กับ IC 101 A ซึ่งเป็นโมโนสเตเบิลสามารถปรับความกว้างของพัลซ์ได้ ซึ่งจะนำไปใช้ในการปรับจุดเริ่มต้นของการเขียนภาพลงหน่วยความจำ สัญญาณที่ออกจาก IC 101 A นี้มีความกว้างมากเกินความต้องการที่จะนำไปใช้ในบางวงจร จึงต้องใช้ IC 102 A สร้างพัลซ์ที่มีความแคบมากๆ ขึ้น ณ ขอบขาลงของสัญญาณที่ได้จาก IC 101A

วงจรแยกสัญญาณซิงค์นี้มี 1 *อินพุท (Input)* คือสัญญาณคอมโพสิตวิดีโอระบบ NTSC และให้ 3 *เอาท์พุท (Output)* คือสัญญาณซิงค์ในแนวนอน และสัญญาณซิงค์ในแนวตั้ง ซึ่งมีความกว้างของพัลซ์ 2 ขนาด ซึ่งจะถูกนำไปใช้ในอีกหลายวงจรต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

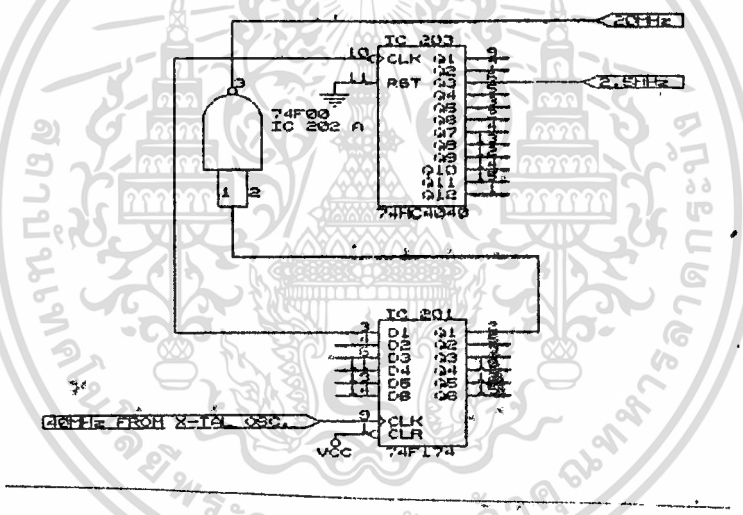


ภาพที่ 3-5 วงจรแยกสัญญาณซิงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรสัญญาณนาฬิกาของระบบ (SYSTEM CLOCK)

วงจรนี้ใช้ *คริสตัลออสซิลเลเตอร์ (Crystal Oscillator)* สำเร็จรูปแบบเดียวกันกับที่ใช้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกา ความถี่ 40 MHz IC 201 และ IC 202 ทำหน้าที่หารความถี่สัญญาณนาฬิกา จาก 40 MHz ให้เหลือ 20 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่ต่ำพอที่ไอซี *ไฮสปีดซีมอส (Highspeed CMOS)* หรือ *ทีทีแอล (TTL)* จะทำงานได้ IC 203 จะหารสัญญาณนาฬิกา ด้วยเลขยกกำลังของ 2 เพื่อให้ได้สัญญาณนาฬิกาความถี่ ตรงกับที่วงจรต่างๆต้องการ



ภาพที่ 3-6 วงจรสัญญาณนาฬิกา ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

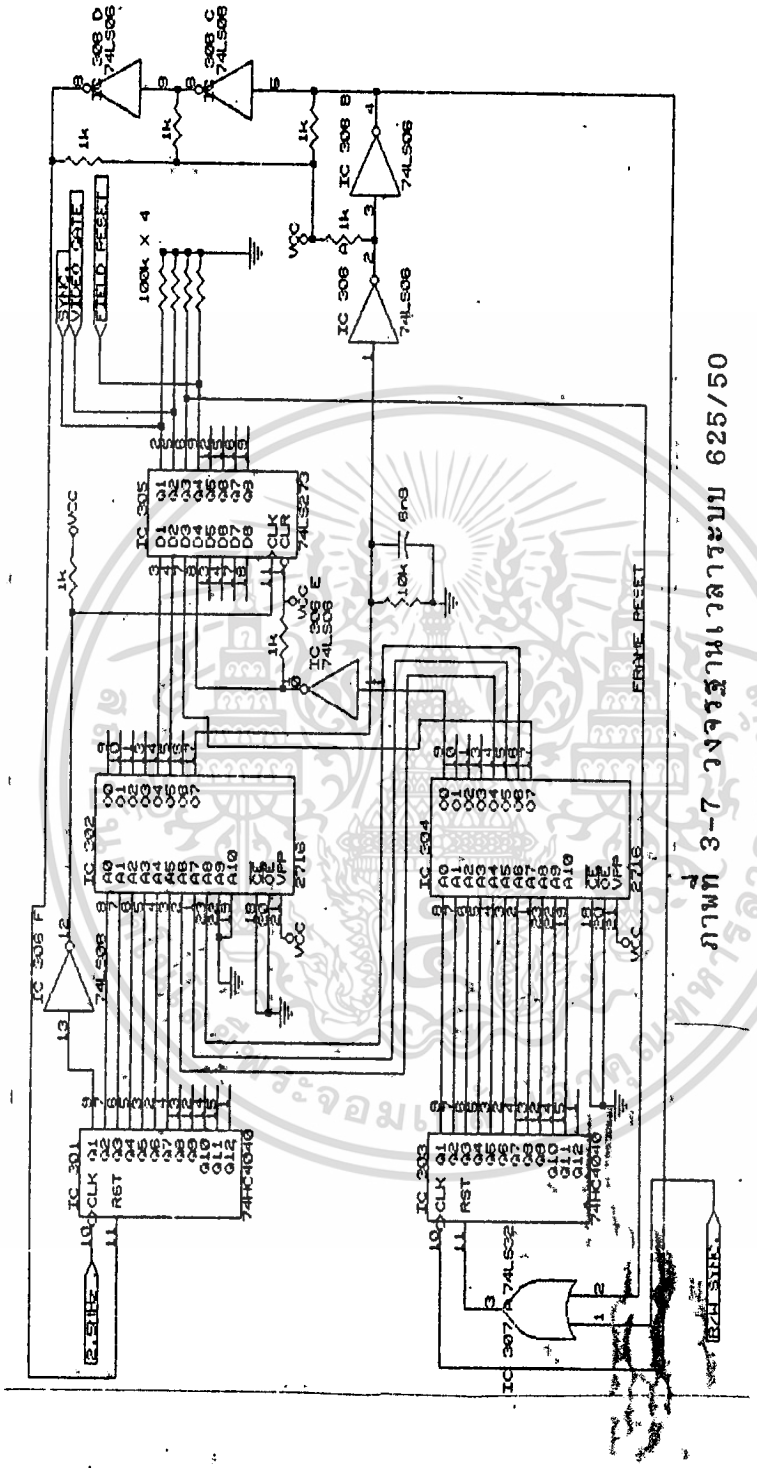
3.6 วงจรฐานเวลาระบบ 625/50

วงจรฐานเวลา *(TIME BASE)* เป็นวงจรซึ่งทำหน้าที่สร้างสัญญาณมาตรฐานของระบบ 625/50 อันประกอบด้วยสัญญาณซิงค์ , *สัญญาณควบคุมจังหวะภาพ (VIDEO GATE)* , และ*สัญญาณแสดงการสิ้นสุดฟิลด์ (FIELD RESET)* โดยรับสัญญาณนาฬิกา ความถี่ 2.5 เมกกะเฮิตซ์เข้าสู่วงจรนับ และมีสัญญาณ READ/WRITE SYNC ซึ่งมาจากวงจร READ/WRITE CONTROL ควบคุมให้วงจรนี้ทำงานสัมพันธ์กับการเขียนหน่วยความจำ จะได้ไม่เกิดการอ่านหน่วยความจำ ในขณะที่กำลังมีการเขียนหน่วยความจำนั้นอยู่

IC 301 เป็นวงจร*นับฐานสอง* (Binary Counter) ทำหน้าที่ป้อนแอดเดรสให้กับ IC 302 ซึ่งเป็น EPROM ซึ่งถูกเขียนข้อมูลรูปแบบของสัญญาณซิงค์ , สัญญาณควบคุมจังหวะภาพ , (และสัญญาณ BURST GATE ซึ่งเผื่อไว้สำหรับการใช้กับระบบสีในอนาคต) ในรูปแบบต่าง ๆ ไว้ ซึ่งแต่ละรูปแบบได้ถูกออกแบบให้มีความยาว 32 ไมโครวินาที ซึ่งเท่ากับครึ่งเส้นสแกนพอดี โดยที่รูปแบบใดในแปดแบบที่จะถูกเรียกมาใช้นั้น จะถูกกำหนดโดย IC 304 ซึ่งเป็น EPROM อีกตัวหนึ่ง ซึ่งถูกเขียนข้อมูลไว้ 1,250 แอดเดรส ซึ่งมาจากการที่หนึ่งรูปแบบของสัญญาณที่ IC 302 มีความยาวครึ่งเส้นสแกน ดังนั้น 625 เส้น จึงประกอบด้วย (625 x 2) ครึ่งเส้น นั่นเอง โดยการที่ขา 04 - 06 ของ IC 304 ถูกต่อขนานอยู่กับ A6 - A8 ของ IC 302

เมื่อไล่ดูจากความถี่ที่เข้าสู่ขา CLOCK ของ IC 301 จะเห็นว่า 1 แอดเดรสที่ป้อนให้กับ IC 302 นั้น มีระยะเวลาเท่ากับ 0.8 ไมโครวินาที ซึ่งเป็นตัวเลข ห.ร.ม. ที่ใกล้เคียงระยะเวลาของสัญญาณต่าง ๆ ตามมาตรฐานของระบบ 625/50 เช่น สามารถนำไปสร้างสัญญาณ SYNC. ความกว้าง 4.8 ไมโครวินาที (มาตรฐานคือ 4.7 +- 0.2 ไมโครวินาที) หรือสัญญาณแบลงก์ ความกว้าง 12 ไมโครวินาที (มาตรฐานคือ 12.05 +- 0.25 ไมโครวินาที) ฯ ล ฯ ได้ง่าย โดยที่หนึ่งรูปแบบ ความยาวครึ่งเส้นสแกนนั้น จะใช้หน่วยความจำทั้งหมด 32 / 0.8 = 40 แอดเดรส ดังนั้นจึงได้ออกแบบให้ข้อมูลในบิท 07 ของ IC 302 เป็น 0 ตลอด จนกระทั่งถึงแอดเดรสที่ 40 จึงจะเปลี่ยนระดับเป็น 1 ซึ่งจะถูกนำไปหน่วงเวลา โดย IC 306 ; A และ B เพื่อนำไปกระตุ้น IC 303 ซึ่งจะอ้างแอดเดรสทั้ง 1,250 แอดเดรสให้กับ IC 304 ก่อนที่สัญญาณจะถูกหน่วงไปอีกเล็กน้อย โดย IC 306 C และ D แล้วจึงนำไป *รีเซ็ท (Reset)* IC 301 เพื่อเป็นการเริ่มต้นของรูปแบบสัญญาณ รูปแบบต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-7 วงจรสร้างเวลาระบบ 625/50

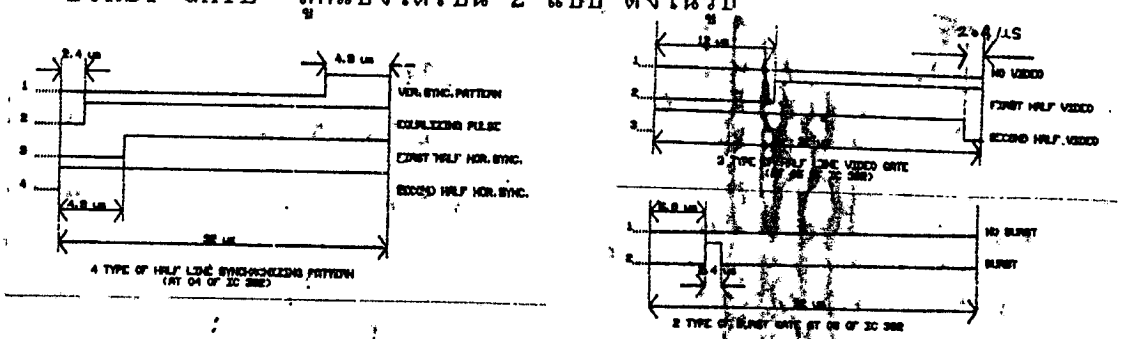
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่ EPROM เพิ่งได้รับสัญญาณแอดเดรสใหม่เข้ามานั้น ขาข้อมูลจะยังไม่เสถียร แต่จะต้องใช้เวลาสั้น ๆ ช่วงหนึ่ง ดังนั้นที่ขา 07 ของ IC 302 จึงมี รีซิสเตอร์ 10k และคาพาซิเตอร์ 6.8 นาโนฟารัด ต่ออยู่ เพื่อไม่ให้เกิดการรีเซ็ทโดยไม่ได้ตั้งใจขึ้น

IC 302 ได้ถูกเขียนข้อมูลไว้ให้ขา 04 เป็นสัญญาณชิงค์ , ขา 05 เป็นสัญญาณควบคุมจังหวะภาพ , ขา 06 เป็นสัญญาณ BURST GATE แต่ในขณะนี้มีความต้องการใช้เพียงสองสัญญาณแรกเท่านั้น จึงได้ต่อเฉพาะ 05 และ 06 เข้ากับ IC 305 ซึ่งเป็น IC OCTAL D-FLIP FLOP ทำหน้าที่เป็นตัว LATCH สัญญาณที่ออกมาจาก EPROM ให้มีเสถียรภาพที่ดี โดยมี IC 306 F นำสัญญาณจาก IC 301 มาป้อนเป็นสัญญาณนาฬิกาให้ โดย IC 305 นี้จะรับข้อมูลทางขา D ต่าง ๆ หลังจากที่สัญญาณ แอดเดรสได้ถูกป้อนให้แก่ IC 302 แล้ว เป็นเวลา 0.8 ไมโครวินาที หรือก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นแอดเดรสต่อไปพอดีนั่นเอง

นอกจาก IC 304 จะทำหน้าที่เลือกรูปแบบจาก IC 302 แล้ว ยังทำหน้าที่สร้างสัญญาณ รีเซ็ทในทุก ๆ ฟิลด์ ซึ่งนำไปใช้ในการอ่านหน่วยความจำ และยังสร้างสัญญาณมารีเซ็ทตัวเอง เมื่อนับไปครบ 1,250 แอดเดรสอีกด้วย แต่การรีเซ็ท IC 303 นี้กระทำได้สองทางคือ ทางขา 2 ของ IC 307 ซึ่งเป็นการรีเซ็ทตัวเอง กับทางขา 1 ของ IC 307 ซึ่งเป็นการรีเซ็ทจากวงจร ควบคุมการอ่าน-เขียนหน่วยความจำ เพื่อเป็นการทำให้วงจรฐานเวลานี้ทำงานสัมพันธ์กับสัญญาณ 525/60 ที่เข้าสู่วงจรอยู่เสมอ

รูปแบบสัญญาณชิงค์ใน IC 302 สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ และสัญญาณควบคุมจังหวะภาพ แบ่งออกได้เป็น 3 แบบ และสัญญาณ BURST GATE ถูกแบ่งได้เป็น 2 แบบ ดังในรูป



ภาพที่ 3-8 รูปแบบสัญญาณต่าง ๆ ที่ถูกกำหนดไว้ใน IC 302

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

รูปแบบต่าง ๆ ที่เกิดจากการรวมสัญญาณทั้งสาม เป็นหนึ่งรูปแบบนั้น จะแบ่งออกได้เป็น 8 รูปแบบด้วยกัน โดยที่แต่ละรูปแบบจะถูกเก็บไว้ใน IC 302 ณ ตำแหน่งที่ห่างกัน เป็นเลขยกกำลังของสอง ที่น้อยที่สุด ที่เพียงพอจะเก็บรูปแบบ ขนาด 40 แอดเดรสไว้ได้ ทำให้แต่ละรูปแบบถูกเก็บในตำแหน่งที่ต่างกัน 64 แอดเดรส (40 HEX) ซึ่งแสดงให้ดูเป็นตารางได้ดังนี้

รูปแบบที่	แอดเดรส	ชิงค์	ควบคุมจังหวะภาพ	เบิสต์เกต
		แบบที่		
0	0H	1	1	1
1	40H	2	1	1
2	80H	3	1	1
3	C0H	3	1	2
4	100H	3	2	1
5	140H	3	2	2
6	180H	4	3	1
7	1C0H	4	1	1

ตารางที่ 3-1 รูปแบบต่าง ๆ และสัญญาณภายในแต่ละรูปแบบ

ส่วนข้อมูลรายบิทของ IC 302 จะได้แสดงไว้ในหน้าต่อไป

ข้อมูลที่อยู่ใน IC 304 นั้น สามารถเห็นเป็นหมายเลขประจำรูปแบบของ IC 302 ได้อย่างชัดเจนโดยดูที่เลขฐานสิบทุกตัวหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0000 : 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F -- 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F
0010 : 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F -- 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F 0F
0020 : 0F 0F 1F 1F 1F 1F 1F 9F -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0030 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0040 : 0F 0F 0F 1F 1F 1F 1F 1F -- 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
0050 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F -- 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
0060 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 9F -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0070 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0080 : 0F 0F 0F 0F 0F 0F 1F 1F -- 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
0090 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F -- 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
00A0 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 9F -- FF FF FF FF FF FF FF FF
00B0 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
00C0 : 0F 0F 0F 0F 0F 0F 1F 5F -- 5F 5F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
00D0 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F -- 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
00E0 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 9F -- FF FF FF FF FF FF FF FF
00F0 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0100 : 0F 0F 0F 0F 0F 0F 1F 1F -- 1F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F
0110 : 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F -- 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F
0120 : 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F BF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0130 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0140 : 0F 0F 0F 0F 0F 0F 1F 5F -- 5F 5F 1F 1F 1F 1F 1F 3F
0150 : 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F -- 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F
0160 : 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F BF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0170 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
0180 : 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F -- 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F
0190 : 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F -- 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F 3F
01A0 : 3F 3F 3F 3F 3F 1F 1F 9F -- FF FF FF FF FF FF FF FF
01B0 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
01C0 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F -- 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
01D0 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F -- 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F
01E0 : 1F 1F 1F 1F 1F 1F 1F 9F -- FF FF FF FF FF FF FF FF
01F0 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
```

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลภายใน IC 302

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3-3 ข้อมูลภายใน IC 304

0000	:	1E	1E	1E	1E	2E	7E	3E	7E	--	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	7E
0010	:	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	7E	--	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	7E
0020	:	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0030	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0040	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0050	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0060	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0070	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0080	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0090	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
00A0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
00B0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
00C0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
00D0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
00E0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
00F0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0100	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0110	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0120	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0130	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0140	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0150	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0160	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0170	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0180	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0190	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
01A0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
01B0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
01C0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
01D0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
01E0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
01F0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0200	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0210	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0220	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0230	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0240	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0250	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0260	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	1E	1E	--	1E	1E	1E	0E	0E	0E	0E	0E
0270	:	1E	1E	1E	1E	1E	7E	3E	7E	--	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	7E
0280	:	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	7E	--	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	7E
0290	:	3E	7E	3E	7E	3E	7E	3E	7E	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
02A0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
02B0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
02C0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
02D0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
02E0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
02F0	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0300	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F
0310	:	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F	--	5F	6F	5F	6F	5F	6F	5F	6F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0320 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0330 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0340 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0350 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0360 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0370 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0380 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0390 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
03A0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
03B0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
03C0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
03D0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
03E0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
03F0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0400 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0410 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0420 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0430 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0440 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0450 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0460 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0470 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0480 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
0490 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
04A0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
04B0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
04C0 : 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F -- 5F 6F 5F 6F 5F 6F 5F 6F
04D0 : 5F 6F 5F 6F 4F 6F 4F 1E -- 1E 1E 1E 1E 0E 0E 0E 0E
04E0 : 0E 1E 8E 8E 8E 8E 8E 8E -- 8E 8E 8E 8E 8E 8E 8E 8E
04F0 : FF FF FF FF FF FF FF FF -- FF FF FF FF FF FF FF FF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

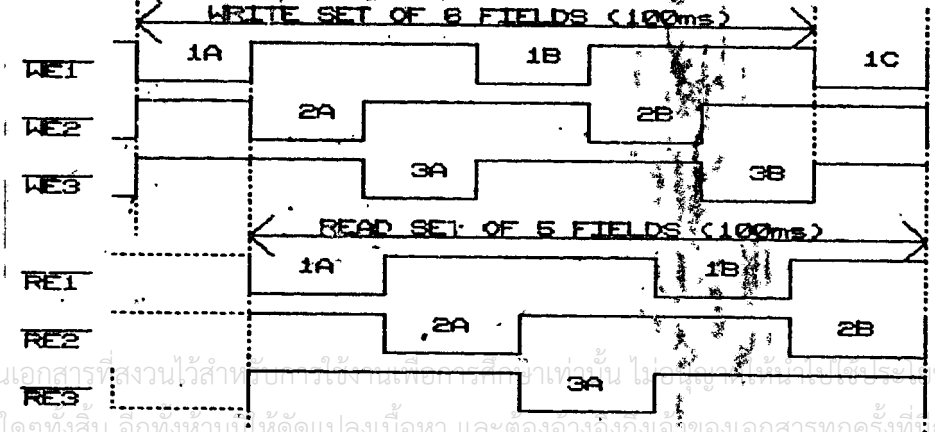
3.7 วงจรควบคุมการเขียน-อ่านหน่วยความจำ

วงจรนี้ทำหน้าที่ควบคุมหน่วยความจำ ที่มีอยู่จำนวนสามชุด โดยการจัดลำดับการเขียน-อ่าน ให้หมุนเวียนกันไปในลำดับ และ ช่วงเวลาที่ถูกต้อง และยังส่งสัญญาณไปควบคุมให้วงจรฐานเวลา ทำงานสัมพันธ์กับสัญญาณภาพ 525/60 ที่เป็นสัญญาณต้นแบบอีกด้วย

การจัดลำดับการเขียนหน่วยความจำ ทำโดยนำสัญญาณชิงค์แนวดิ่งที่ได้จากวงจรแยกสัญญาณชิงค์ มาป้อนให้ IC 401 ซึ่งจะนับ 0-5 ซึ่งเป็นการนับ 1 รอบ ใช้เวลาประมาณ 100 มิลลิวินาที เมื่อการนับดำเนินมาถึงตำแหน่งที่ 0 และตำแหน่งที่ 3 จะเป็นการเลือกเขียนหน่วยความจำชุดที่ 2 ตำแหน่งที่ 1 และ 4 เลือกเขียน ชุดที่ 3 ตำแหน่งที่ 2 และ 5 เลือกเขียนชุดที่ 1 การเขียนหน่วยความจำจึงเรียงลำดับจากชุดที่ 2 , 3 , 1 ไปเรื่อย ๆ

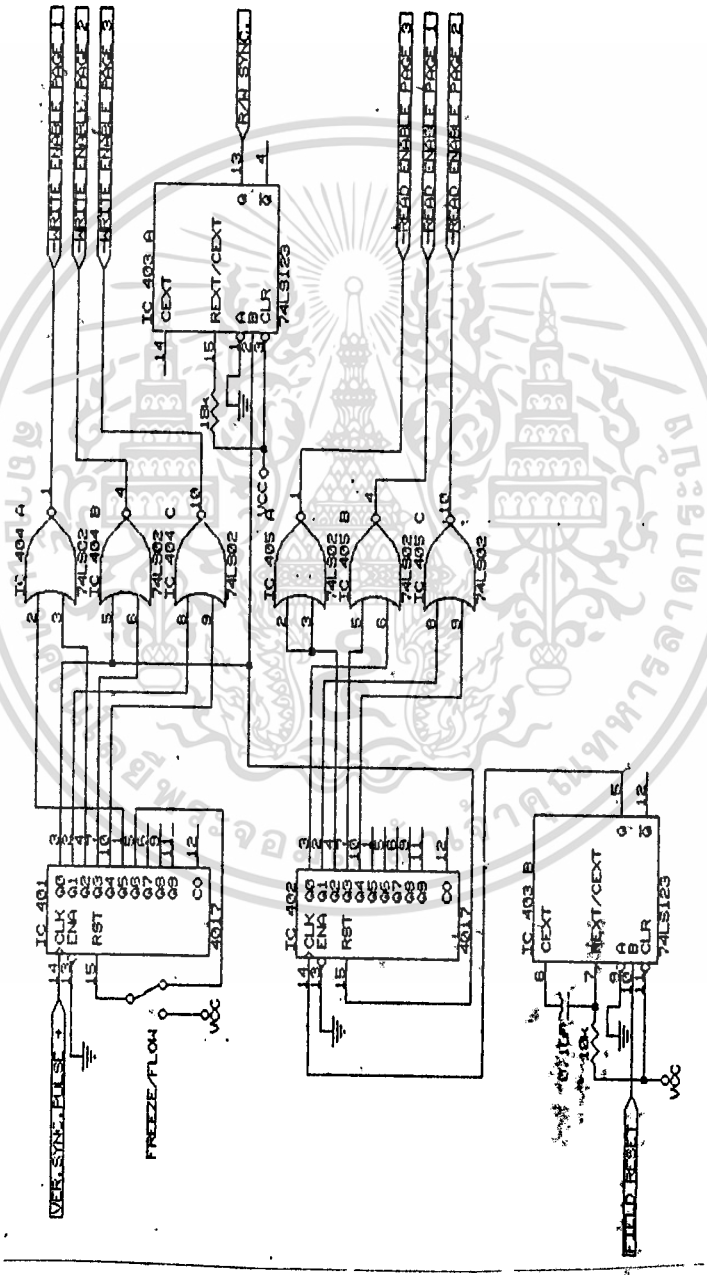
การจัดลำดับการอ่านหน่วยความจำ จะถูกรีเซ็ทให้เริ่มต้นอ่านหน่วยความจำชุดที่ 1 พร้อมกับการเริ่มเขียนหน่วยความจำในชุดที่ 2 หรืออีกนัยหนึ่งคือเมื่อสิ้นสุดการเขียนหน่วยความจำชุดที่ 1 นั่นเอง แต่การอ่านหน่วยความจำนี้ สัญญาณนาฬิกาที่เข้าสู่ IC 402 มีระยะห่างระหว่างสัญญาณแต่ละครั้งเท่ากับ 20 มิลลิวินาที ดังนั้นการนับ 1 รอบในเวลา 100 มิลลิวินาที จะเกิดการอ่านหน่วยความจำได้ 5 ครั้ง โดยเมื่อดูจากลำดับ Q0-Q4 ที่เข้าสู่ IC405 จะเห็นว่า การอ่านหน่วยความจำ 1 รอบนั้น จะเรียงลำดับชุดของหน่วยความจำดังนี้คือ 1 , 2 , 3 , 1 , 2 แล้วขึ้นต้นรอบใหม่ที่ 1 อีกครั้ง

เพื่อให้เข้าใจง่ายขอให้ดูภาพประกอบ WE1,WE2,WE3 เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนหน่วยความจำชุดที่ 1,2,3 ตามลำดับ และสัญญาณ RE1, RE2,RE3 ควบคุมการอ่านหน่วยความจำชุดที่ 1,2,3 ตามลำดับ สัญญาณทั้งหมดจะ*ทำงาน (Active)* ที่ระดับ 0



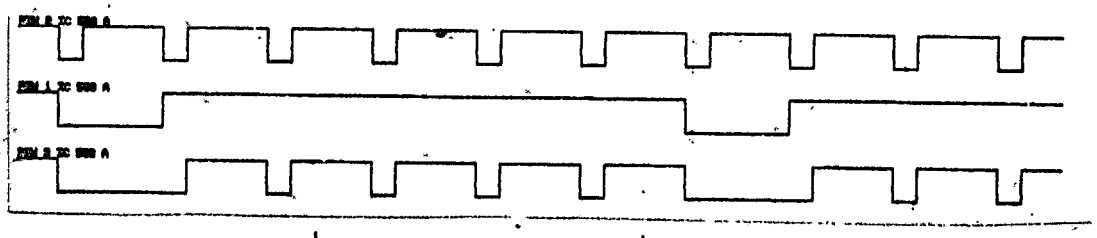
ภาพที่ 3-9 จังหวะการเขียน-อ่าน หน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-10 วงจรควบคุมการเขียน-อ่านหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



ภาพที่ 3-11 สัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้ IC 504

แถวบนเป็นสัญญาณนาฬิการที่มีคาบเวลาลูกละ 64 ไมโครวินาที ซึ่งเท่ากับเวลาการสแกน 1 เส้นของระบบ 625/50 (รูปสัญญาณนี้ เกิดขึ้นที่ขา 2 ของ IC 508 A)

แถวกลางเป็นสัญญาณที่ได้จากการนำสัญญาณจากขา 2 ของ IC 509 ผ่าน IC 507 C ไปปรากฏที่ขา 1 ของ IC 508 A

จึงได้เป็นสัญญาณแถวล่าง ออกจากขา 3 ของ IC 508 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจรสร้างแอดเดรส

วงจรนี้จะทำหน้าที่กำหนดแอดเดรสในการเขียนหน่วยความจำ และกำหนดแอดเดรสในการอ่านหน่วยความจำ โดยนำสัญญาณนาฬิกาความถี่ 20 MHz ป้อนให้กับวงจรนับ โดยให้วงจรนับทำหน้าที่หารความถี่ที่ให้เกิดการอ้างแอดเดรส ความถี่จริง ๆ ที่ใช้นับในการกำหนดแอดเดรสคือ 5 MHz แล้วใช้สัญญาณซิงค์ในแนวนอนและในแนวตั้ง ควบคุมจังหวะการเริ่มนับ ดังนั้นการเขียนหน่วยความจำจะสัมพันธ์กับสัญญาณภาพที่เข้ามา และการที่ใช้สัญญาณนาฬิการความถี่ 20 MHz ป้อนให้วงจรนับ แทนที่จะใช้ความถี่ 5 MHz นั้นมีผลดีในการทำให้การเริ่มนับแอดเดรส จะเกิดขึ้นภายในเวลา 50 *นาโนวินาที (nano second)* แทนที่จะเป็น 200 นาโนวินาที ทำให้การเริ่มต้นของขอบภาพด้านซ้ายตรงกันมากกว่า

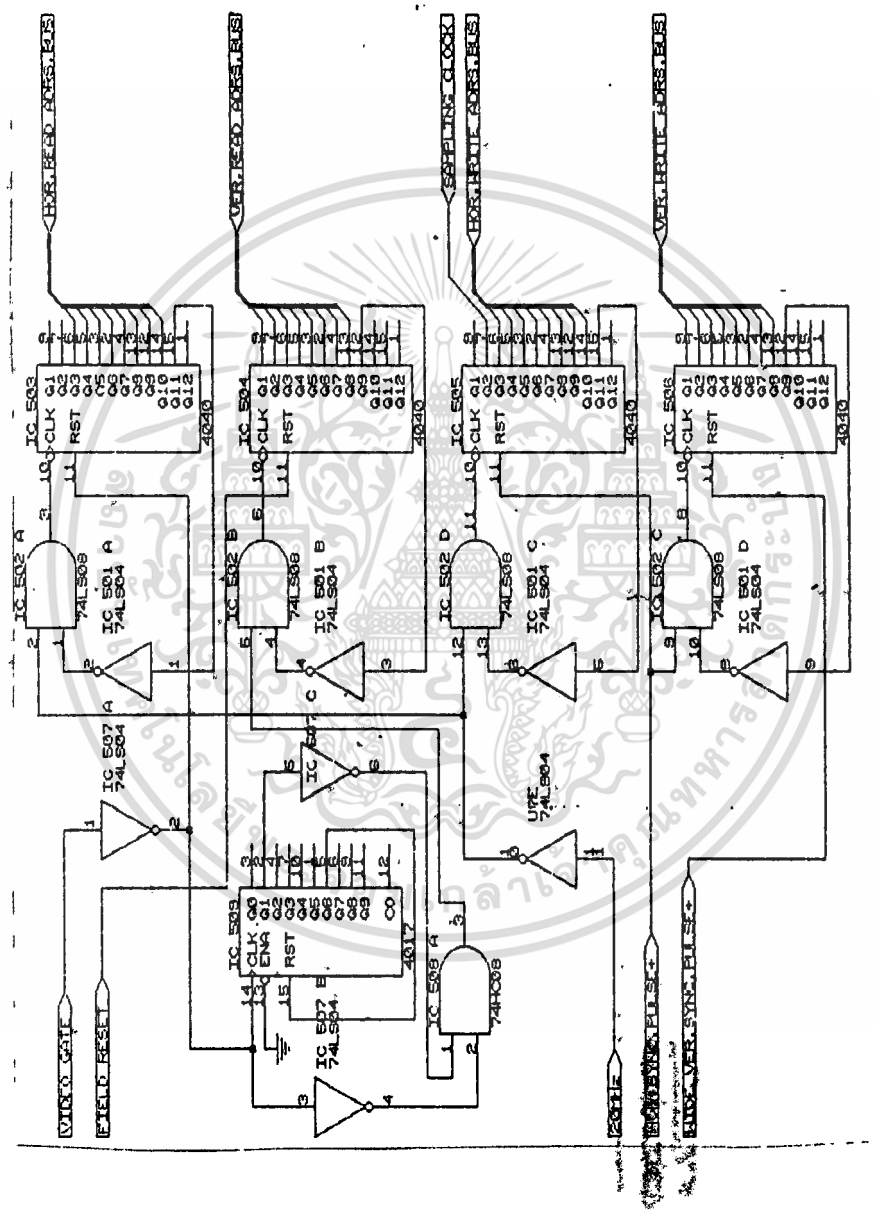
IC 505 สร้างสัญญาณแอดเดรส ขนาด 8 บิท จึงทำให้สัญญาณภาพในแนวนอน ประกอบด้วย 256 จุดภาพ เช่นเดียวกัน IC 506 ทำให้มีจำนวนเส้นสแกน 256 เส้น ใน 1 ฟิลด์ ที่ถูกเก็บลงหน่วยความจำ

การทำงานของวงจรนับ ที่ IC 505 เมื่อสัญญาณ *รีเซท (Reset)* สิ้นสุดลง สัญญาณนาฬิกา 20 MHz ที่เข้าสู่ขา 10 ทำให้ IC 505 นับไปเรื่อย ๆ จนกว่าที่ขา 15 จะมีระดับ *ลอจิก (Logic)* เป็น "1" จึงจะทำให้สัญญาณนาฬิกาไม่ผ่านเข้าสู่ขา 10 เนื่องจากถูก IC 502 D กั้นไว้ หรือจนกว่า จะมีสัญญาณรีเซ็ทเข้ามา อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งสัญญาณใดจะเกิดขึ้นก่อนกันนั้น ขึ้นอยู่กับการปรับ โมโนสเตเบิลในวงจรแยกสัญญาณซิงค์

สัญญาณซิงค์ในแนวนอนถูกนำมาเป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับ IC 506 ทำให้ IC 506 นับไปจนกระทั่งขา 12 มีระดับลอจิก "1" หรือมีสัญญาณรีเซ็ทเข้ามา การทำงานของวงจรนับในส่วนการอ่านสัญญาณภาพ ทำงานคล้ายคลึงกับการเขียนสัญญาณภาพ เพียงแต่ IC 503 จะถูกควบคุมโดยสัญญาณ *วิดีโอเกท (Video Gate)* ซึ่งออกมาจากวงจรสร้างฐานเวลาระบบ PAL ส่วน IC 504จะทำงานแตกต่างกับ IC 506 เล็กน้อย ตรงที่สัญญาณนาฬิกาจะถูกปล่อยให้ผ่านมายัง IC 504 จำนวน 5 ลูก ในขณะที่สัญญาณนาฬิกาลูกที่ 6 จะถูก IC 509 ซึ่งต่อให้ทำงานในลักษณะนับ 6 หยุดสัญญาณนาฬิกาไว้ โดยวิธีการให้ลอจิก "0" ที่ขา 1 ของ IC 508 A

การกระทำดังนี้มีผลให้แอดเดรสที่ออกจาก IC 504 มีค่าคงที่เป็นเวลาเท่ากับ 2 เส้นสแกนในทุกๆ 5เส้นสแกน จึงเกิดการอ่านสัญญาณภาพซ้ำ 1 เส้นในทุกๆ 5 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-12 วงจรสร้างพลเตส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

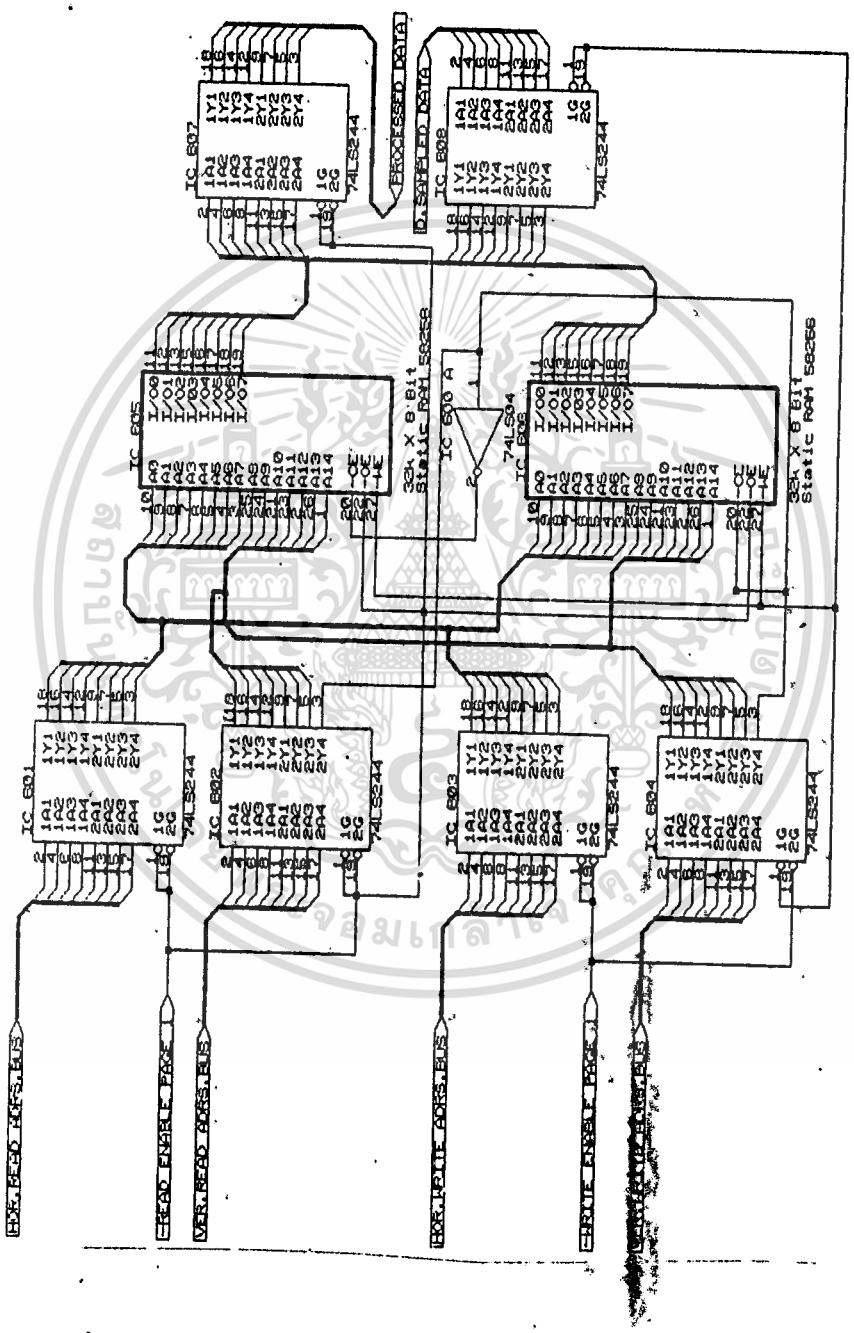
3.9 หน่วยความจำ (MEMORY UNIT)

เนื่องจากการแปลงระบบสัญญาณภาพ เป็นการกระทำต่อเนื่องกันไปตลอดเวลา ดังนั้นในเวลาเดียวกันจะมีหน่วยความจำบางส่วนถูกเขียน ในขณะที่หน่วยความจำส่วนอื่นกำลังอยู่ในช่วงเวลาการอ่าน จึงจำเป็นต้องแยกขาแอดเดรสและขาข้อมูล ของไอซีหน่วยความจำออกจากบัส *(Bus)* ของระบบ โดยการใช้ไอซี *บัฟเฟอร์ (Buffer)* เบอร์ 74LS244

ด้วยความถี่ 5 MHz ของการสุ่มสัญญาณนี้ จะต้องใช้จุดภาพทั้งหมด 256 X 256 จุดในการเก็บสัญญาณภาพจำนวน 1 ฟิลด์ จึงใช้ไอซี *สแตติกแรม (Staic RAM)* เบอร์ 58256 ซึ่งมีขนาด 32k X 8 Bit จำนวน 2 ตัว ต่อการเก็บภาพ 1 ฟิลด์ และหน่วยความจำที่ต้องใช้ในการเก็บภาพทั้งหมดจำนวนมีจำนวน 3 ฟิลด์ จึงต้องใช้ไอซีสแตติกแรม จำนวน 6 ตัว และไอซีบัฟเฟอร์ 18 ตัว โดยแบ่งออกเป็น 3 ชุดเท่า ๆ กัน

วงจรที่แสดงในภาพเป็นวงจรหน่วยความจำจำนวน 1 ชุด วงจรหน่วยความจำจะถูกควบคุมโดยวงจรควบคุมการเขียนอ่าน ซึ่งทำหน้าที่เลือกว่าในขณะใดขณะหนึ่ง จะให้ RAM ติดต่อกับบัสของการเขียน หรือบัสของการอ่านข้อมูล เนื่องจากใน 1 ฟิลด์ภาพใช้ RAM 2 ตัวในการเก็บ ดังนั้นจึงใช้สัญญาณแอดเดรส*บิทสูงสุด (Most Significant Bit)* ในการควบคุมการเขียนอ่าน RAM ตัวที่ 1 หรือตัวที่ 2 วงจรนี้ในส่วนของ *บัสแอดเดรส (Address Bus)* จะเป็นอินพุทเพียงอย่างเดียว ส่วน *บัสข้อมูล (Data Bus)* จะประกอบด้วยบัส 2 ชุด คือ บัสส่วนของการเขียนข้อมูล และบัสส่วนของการอ่านข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ถูกเขียนเข้าสู่หน่วยความจำ จะถูกเขียนด้วยความถี่ ของระบบ NTSC ขณะซึ่งข้อมูลที่อ่านออกจากหน่วยความจำ จะมีความถี่เท่ากับระบบ PAL เรียบร้อย พร้อมที่จะถูกนำไปแปลงเป็นสัญญาณภาพอนาลอกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-13 วงจรหน่วยความจำ

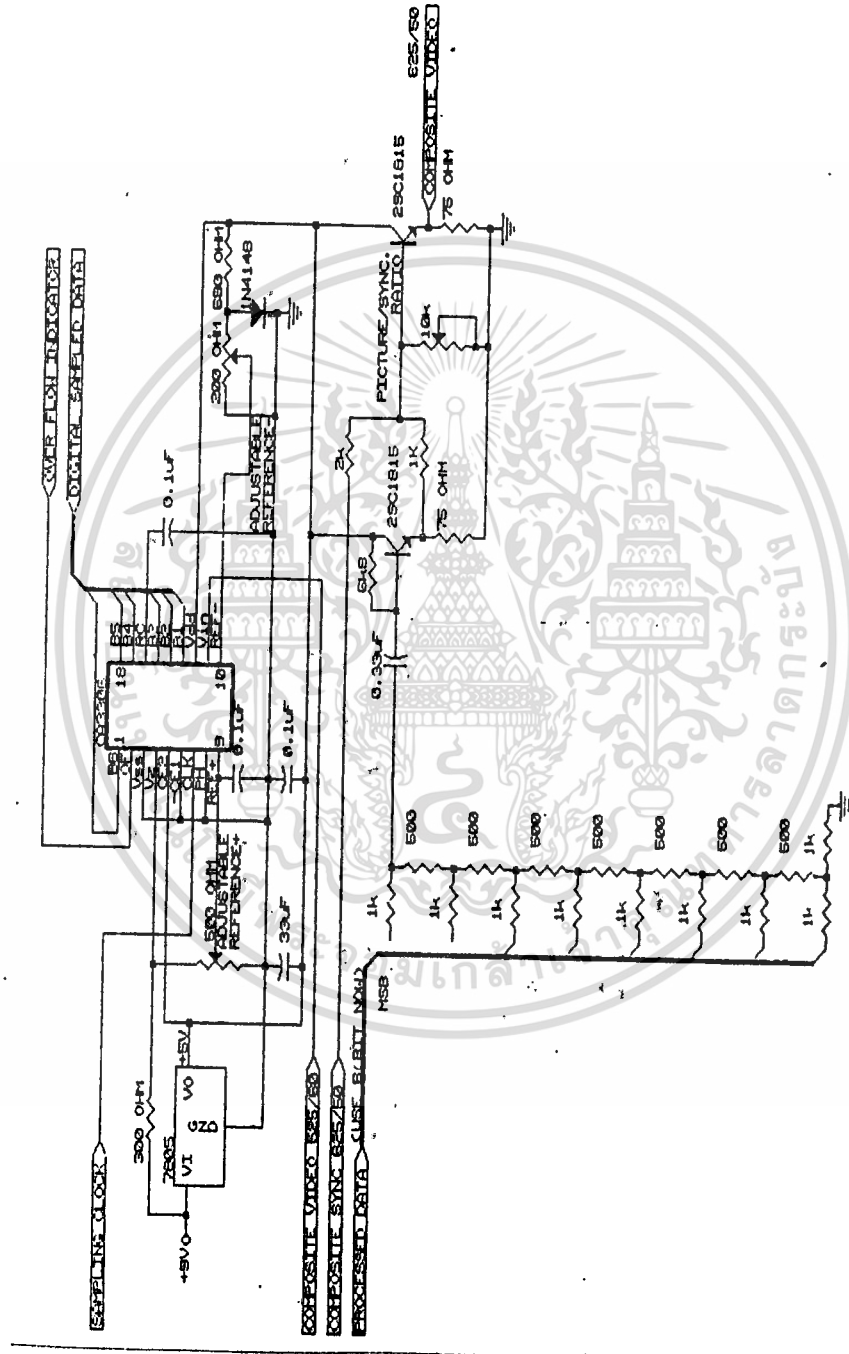
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10 ส่วนของวงจรอนาลอก

ไอซี CA3306 เป็นไอซีซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณภาพอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอล โดยผู้ผลิตอ้างว่าไอซีเบอร์นี้ สามารถใช้ความถี่ในการสุ่มสูงสุดได้เท่ากับ 15 MHz แต่ในระบบนี้เราใช้ความถี่ในการสุ่มเพียง 5 MHz โดยนำสัญญาณนาฬิกามาจากวงจรสร้างแอดเดรส เพื่อเป็นจังหวะเวลาให้ CA3306 ทำการแปลงข้อมูล การที่จะแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด จะต้องกำหนดระดับ *แรงดันอ้างอิงบวก (Referece Voltage +)* และระดับ *แรงดันอ้างอิงลบ (Reference Voltage -)* ให้เหมาะสมกับสัญญาณที่เข้ามา คือ ระดับแรงดันอ้างอิงบวกจะต้องอยู่ในตำแหน่งซึ่งเท่ากับระดับแรงดันสูงสุดที่เป็นไปได้ของสัญญาณภาพที่เข้ามา ในขณะซึ่งระดับแรงดันอ้างอิงลบ จะเท่ากับระดับแรงดันต่ำสุดของสัญญาณภาพที่เข้ามา นั่นคือ ระดับแรงดันอ้างอิงบวกจะเท่ากับระดับขาว และระดับแรงดันอ้างอิงลบ จะเท่ากับระดับดำนั่นเอง ซึ่งการนี้ได้ใส่ตัวต้านทานปรับค่าได้ไว้เพื่อการปรับระดับแรงดันอ้างอิงทั้งสอง โดยระดับแรงดันอ้างอิงบวกได้มาจากการแบ่งแรงดันจากขา VZ ซึ่งเป็นขาที่ต่ออยู่กับ *ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode)* 6.8 V ภายในไอซี และระดับอ้างอิงลบได้มาจากการแบ่งแรงดันคร่อมไดโอด 1N4148

สำหรับวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกนั้นใช้วงจร R-2R LADDER ซึ่งเป็นวงจรที่มีความเที่ยงตรงสูง แปลงสัญญาณภาพดิจิตอลซึ่งได้ถูกแปลงความถี่เรียบร้อยแล้ว เป็นสัญญาณภาพอนาลอก แล้วนำไปรวมกับสัญญาณซิงค์ ซึ่งสร้างมาจากวงจรฐานเวลาของระบบ PAL ทำให้ได้สัญญาณคอมโพสิตวิดีโอระบบ PAL ตามต้องการ โดยมีตัวต้านทานปรับค่าได้ 10k ไว้สำหรับปรับขนาดแรงดันของสัญญาณซิงค์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 3-14 วงจรคนาลอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

ในระยะเวลาประมาณ 8 เดือนที่ใช้ในการทดลอง ออกแบบ และสร้างเครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพขึ้นมานี้ ปัญหาต่าง ๆ ได้ถูกแก้ไขให้ลุล่วงไปเป็นจำนวนมาก เช่นในส่วนของวงจรสร้างสัญญาณซิงค์ ในครั้งแรกที่สร้างขึ้น ประสบปัญหาความไม่เที่ยงตรงในการรีเซ็ทวงจรนับ และการส่งสัญญาณนาฬิกา ให้กับวงจรนับแนวดิ่ง แต่ก็ได้แก้ไขโดยใช้การกรองความถี่สูงทิ้งไป และการหน่วงเวลา ทำให้ได้วงจรสร้างสัญญาณซิงค์ที่สามารถเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณโดยการโปรแกรม ที่เที่ยงตรงดีวงจรหนึ่ง

ส่วนวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้น ในระยะแรกยังมีสัญญาณรบกวนอยู่มาก การแยกไฟเลี้ยงวงจร , การคุมระดับแรงดันอ้างอิงให้คงที่มากที่สุด ช่วยลดสัญญาณรบกวนได้ดี

วงจรแยกสัญญาณซิงค์ในส่วนที่เป็นวงจรทรานซิสเตอร์นั้น เป็นวงจรเดียวที่ไม่ได้ออกแบบเองทั้งหมด แต่ได้พัฒนามาจากวงจรที่มีผู้เคยทำไว้แล้ว โดยเปลี่ยนจากวงจรเดิมที่ใช้ไฟเลี้ยง บวก ลบ ให้เป็นวงจรไฟเลี้ยงบวกอย่างเดียว และได้ทำให้วงจรมีเสถียรภาพดีขึ้นโดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ปรับแต่ง

นอกจากปัญหาที่แก้ไขได้ในเรื่องของวงจรแล้ว ยังมีปัญหาที่เกิดจากระบบอีก กล่าวคือ ระบบ M/NTSC นั้นมีความถี่ 59.94 เฟรมต่อวินาที ดังนั้นการแปลงระบบ โดยการตัดภาพทิ้ง 1 เฟรมในทุก ๆ 6 เฟรมนั้น จะไม่ทำให้ได้ความถี่ 50 เฟรมต่อวินาทีพอดีนัก ในวงจรได้ยอมให้เฟรมที่ 5 ของทุก ๆ 5 เฟรมของภาพระบบ 625/50 ที่สร้างขึ้น มีจำนวนเส้นสแกนมากกว่าปกติ 2-3 เส้น เพื่อให้ในเวลา 1 วินาที มีสัญญาณภาพเกิดขึ้น 50 เฟรมพอดี ซึ่งมีผลทำให้ภาพที่ได้มีการสั่นเล็กน้อย

วงจรต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้ทำงานกับภาพขาวดำ โดยมีความถี่ในการสุ่มเท่ากับ 5 MHz ซึ่งถ้านำไปใช้แปลงสัญญาณสี จะทำให้ได้ภาพขาวดำที่มีลายที่เกิดจากการ *บีต (Beat)* ระหว่าง Subcarrier สี กับความถี่การสุ่มปรากฏให้เห็นบนจอ

จากวงจรที่สร้างขึ้นนี้ ใช้งบประมาณ 4,000 บาท ซึ่งเมื่อเทียบกับคุณภาพที่ได้แล้ว นับว่าเป็นวงจรที่มีราคาไม่แพง เมื่อเทียบกับวงจรแปลงระบบในท้องตลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป

วงจรนี้ทำขึ้นเพื่อทดสอบแนวความคิดของวิธีการแปลงระบบ ที่ใช้วิธีการเพิ่มเส้นสแกน และลดจำนวนภาพ ว่าจะให้ผลโดยการดูด้วยสายตาเป็นอย่างไร โดยใช้อุปกรณ์อย่างประหยัดที่สุด ซึ่งก็ได้ผลออกมาอยู่ในเกณฑ์พอใช้ แสดงว่าวิธีการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ได้

โดยการใช้วงจรเดิมนี้ สามารถเปลี่ยนไอซีแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลจากขนาด 6 บิท เป็นขนาด 8 บิทเพื่อให้ได้ความละเอียดของระดับความเข้มเพิ่มขึ้นได้ง่าย และถ้าต้องการให้ได้ความละเอียดของจุดภาพเพิ่มขึ้นก็สามารถเพิ่มหน่วยความจำ และความถี่ในการสุ่ม โดยใช้วงจรอื่น ๆ ของเดิมได้

จากแนวความคิดที่ได้รับการทดสอบแล้วนี้ เชื่อว่าน่าจะสามารถนำไปใช้สร้างเครื่องแปลงระบบเพื่อการใช้งานจริงได้ ในราคาไม่เกิน 50,000 บาท โดยสามารถแปลงสัญญาณภาพสี ระบบ NTSC ให้เป็นระบบ PAL โดยมีความละเอียดขนาด 512 X 256 จุดภาพต่อสี ต่อฟิลด์ ความถี่การสุ่ม 10MHz โดยใช้หลักการของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทดลองวิจัยสร้างเครื่องแปลงระบบสัญญาณภาพนี้ ได้รับความกรุณาเป็นอย่างดีในการจัดหา อุปกรณ์ เครื่องมือ แหล่งข้อมูล ตลอดจน เวลา สถานที่ และคำปรึกษา จากอาจารย์ ประภากร สุวรรณะ อาจารย์ที่ปรึกษา นอกจากนี้ยังได้รับคำแนะนำ ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกอีกหลายประการ จาก อาจารย์ มนัส สังวรศิลป์, อาจารย์ พิชัย คูศิริวานิชกร ตลอดจนรุ่นพี่และเพื่อน ๆ อีกหลายคน จึงขอขอบพระคุณและขอบคุณมา ณ ที่นี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

คู่มือไอซี CMOS 4000 SERIES , ซีเอ็ดยูเคชั่น , พิมพ์ครั้งที่ 3 , 2530

คู่มือ/เทียบเบอร์ ไอซี TTL , ซีเอ็ดยูเคชั่น , พิมพ์ครั้งที่ 6 , 2531

THE TTL DATA BOOK FOR DESIGN ENGINEERS , SECOND EDITION , TEXAS INSTRUMENTS INCORPORATED , U.S.A. ,1976

Sims H.V. , PRINCIPLES OF PAL COLOUR TELEVISION , NEWNESS BUTTERWORTH , FORTH EDITION , LONDON , 1975

Ru van Wezel , Gordon J. King , VIDEO HANDBOOK NEWNESS TECHNICAL BOOKS , LONDON , 1981

K. Blair Benson , TELEVISION ENGINEERING HANDBOOK , McGRAW-HILL , 1986

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้