บทที่ 2
การออกแบบเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพ

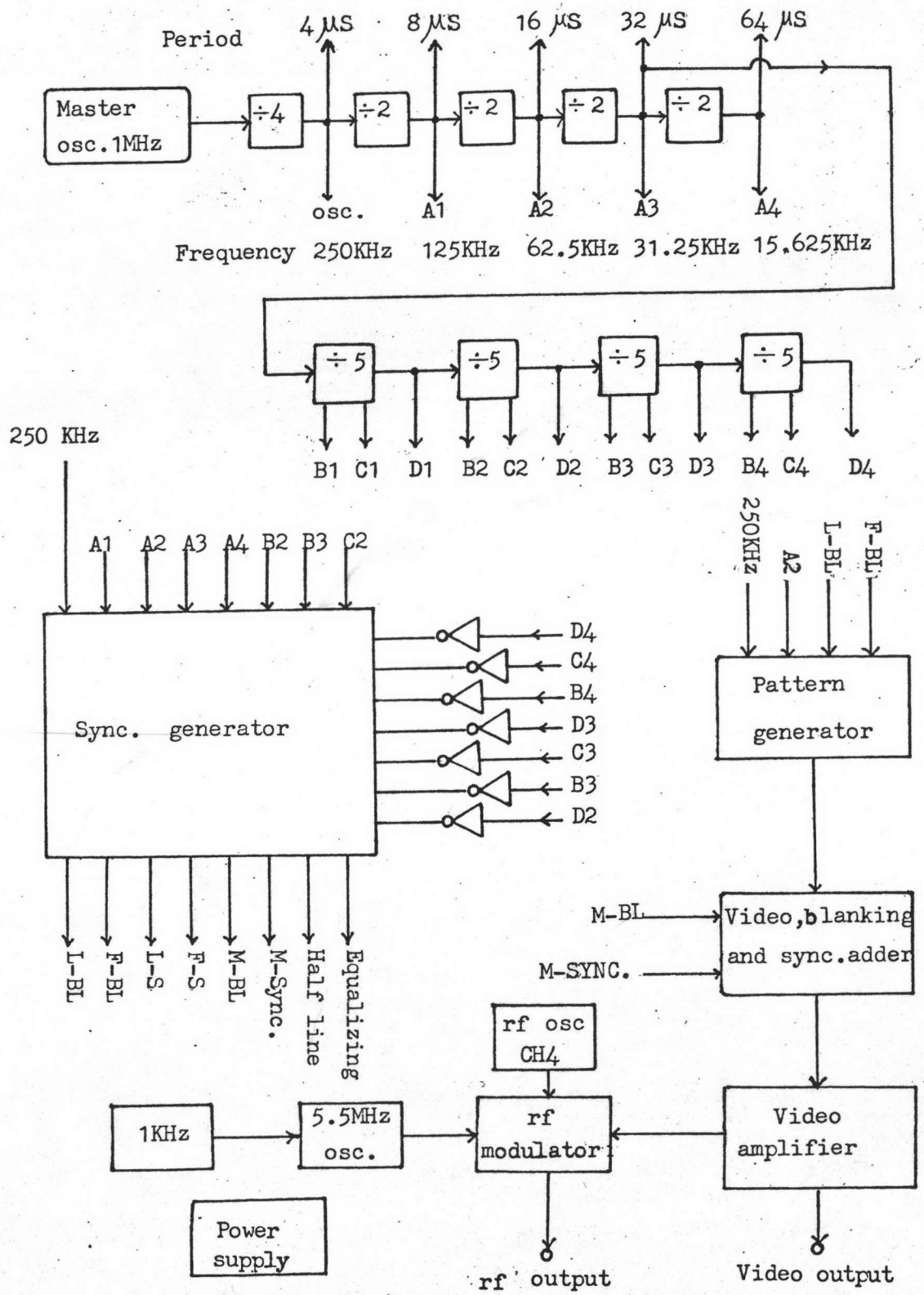
2.1 แผนภาพรูปแท่งของเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพ

การออกแบบเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพ จำเป็นจะต้องวางแผนให้เหมาะสม โดยพิจารณาว่าทำอย่างไรจึงจะออกแบบให้ได้ผลดีและเสียค่าใช้จ่ายน้อย ผู้เขียนได้ศึกษาเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพของบริษัทฟิลิปส์ (Philips Co.) ซึ่งเป็นรุ่น PM 5506 และ PM 5508 จากการศึกษาพบว่าเครื่องรุ่นนี้ใช้แอลซี (LC)[1] ร่วมกับทรานซิสเตอร์สองตัวเป็นวงจรมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ (master oscillator) โดยใช้ความถี่ 312.5 กิโลเฮิรซ์ ส่วนวงจรหารความถี่และวงจรกำเนิดสัญญาณซิ้งค์ก็ออกแบบโดยใช้ทรานซิสเตอร์

สำหรับการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผู้เขียนได้นำเอาคริสตอลมาใช้ร่วมกับไอซีเป็นวงจรเป็นวงจรมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ วงจรหารความถี่และวงจรกำเนิดสัญญาณซิ้งค์ออกแบบโดยใช้วงจรไอซี จากการออกแบบจึงได้แผนภาพรูปแท่ง (block diagram) ดังรูปที่ 2.1

แผนภาพรูปแท่งของเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพแบ่งส่วนสำคัญได้ 6 ส่วนคือ

- แหล่งกำเนิดสัญญาณซิ้งค์ (sync. generator)
- แหล่งกำเนิดสัญญาณภาพ (pattern generator)
- แหล่งรวมสัญญาณภาพเข้ากับแบล้งกิ้งและซิ้งค์ (video, blanking and sync. adder)
- วงจรขยายสัญญาณภาพ (video amplifier)
- แหล่งรวมสัญญาณภาพและเสียงเข้ากับภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ (video, sound and rf modulator)
- แหล่งจ่ายไฟ (power supply)

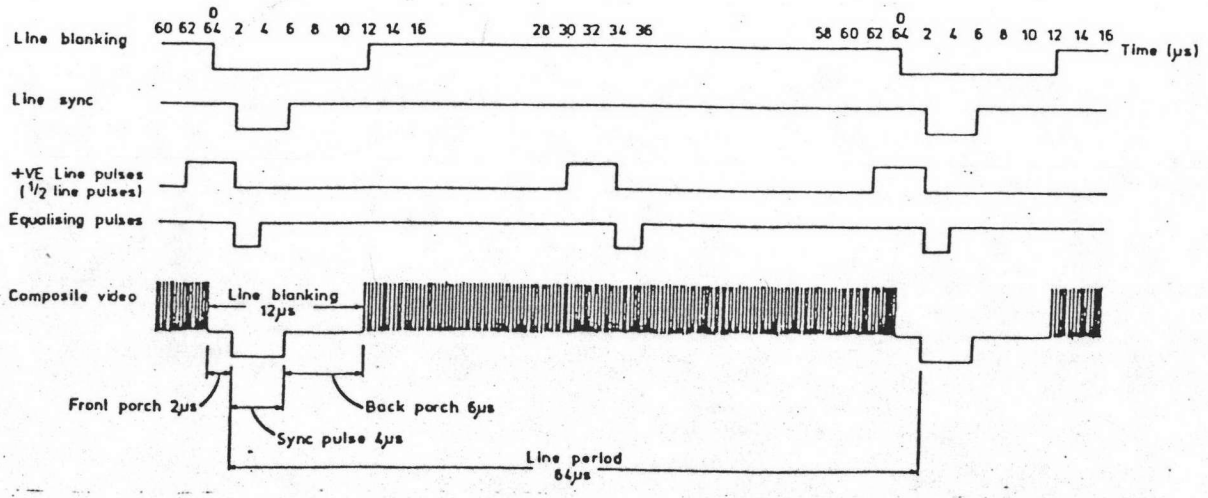


รูปที่ 2.1 แผนภาพรูปแท่งของเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพ

2.2 แหล่งกำเนิดสัญญาณซิ้งค์

เนื่องจากเครื่องรับโทรทัศน์ จำเป็นต้องสะแกนลำอีเลคตรอน (electron beam scanning) ตามแนวนอนและแนวตั้งเพื่อประกอบขึ้นเป็นพิกเจอร์อีเลเมนท์ (picture elements) ในแต่ละเส้นของการสะแกนตามแนวนอนจากซ้ายไปขวา และจากบนลงล่างตามแนวตั้งเช่นเดียวกับทางด้านเครื่องส่ง ดังนั้นเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพจำจะต้องสร้างซิ้งค์พัลซ์ (sync. pulses) ทางแนวนอนและแนวตั้งให้ถูกต้อง

วิทยานิพนธ์ในตอนนี้ จะกล่าวถึง การสร้างซิ้งค์พัลซ์ในระบบ 625 เส้น ตามข้อกำหนดของ CCIR โดยมีการสะแกนทางแนวนอนด้วยความถี่ 15,625 เฮิทซ์ และสะแกนทางแนวตั้ง 50เฮิทซ์ พร้อมกันนั้นยังต้องทำให้เกิดการสอดแทรก(interlacing)แบบ 2:1 โดยสมบูรณ์ ซึ่งซิ้งค์พัลซ์แต่ละชนิดจะมีความสัมพันธ์กันอย่างถูกต้อง สำหรับไลน์ซิ้งค์พัลซ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2[5] ช่วงเวลาระหว่างไลน์ซิ้งค์พัลซ์เท่ากับ 64 ไมโครวินาที ไลน์แบล้งค์กิ้งเท่ากับ 12 ไมโครวินาที ความกว้างของไลน์ซิ้งค์เท่ากับ 4 ไมโครวินาที ระยะฟร้อนท์ พอร์ช (front porch) เท่ากับ 2 ไมโครวินาที และระยะแบคพอร์ช (back porch) เท่ากับ 6 ไมโคร – วินาที สำหรับพอสิทีฟฮาล์ฟไลน์พัลซ์ (positive half line pulses) เท่ากับ 4 ไมโคร – วินาทีและอีควัลไลซิ่งพัลซ์ (equalizing pulses) เท่ากับ 2 ไมโครวินาทีจะได้กล่าวถึงในเรื่องของฟิลด์ซิ้งค์พัลซ์(field sync.pulses)



รูปที่ 2.2 แสดงช่วงเวลาของไลน์แบล้งค์กิ้ง, ไลน์ซิ้งค์พัลซ์และพอสิทีฟฮาล์ฟ-ไลน์พัลซ์

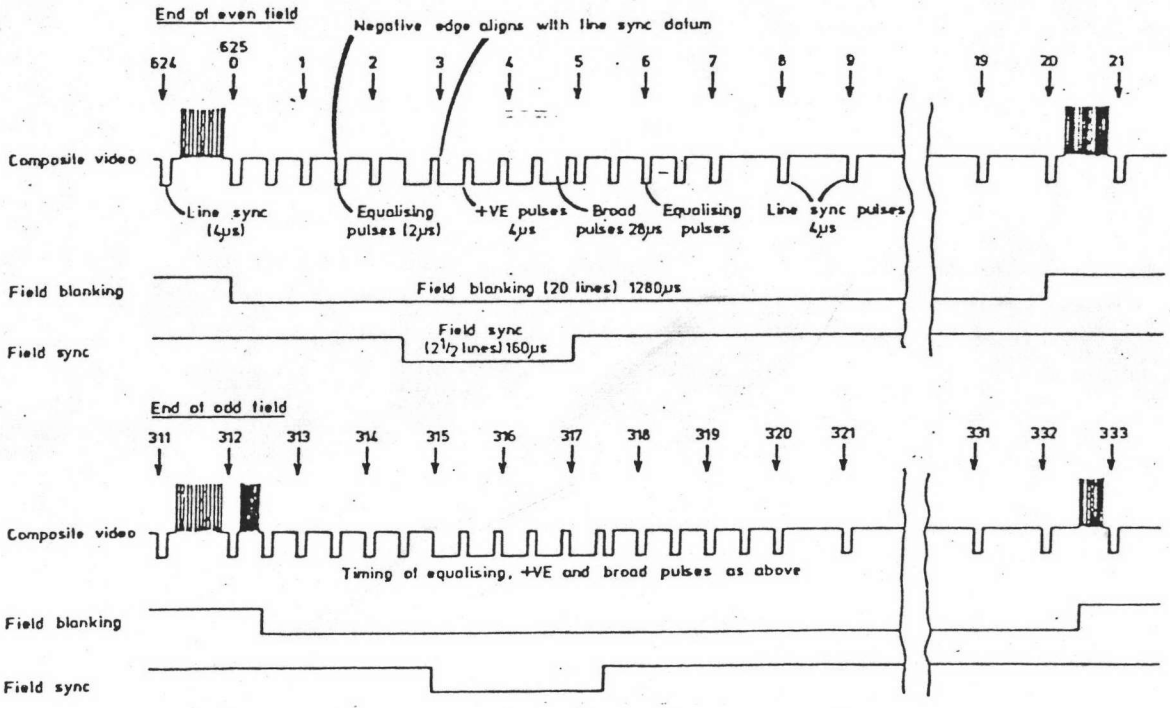
ถ้าเริ่มต้นมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ (master oscillator) ด้วยความถี่ 250 กิโลเฮิทซ์ซึ่งมีพีเรียดเท่ากับ 4 ไมโครวินาทีและมีความกว้างของพัลซ์เท่ากับ 2 ไมโครวินาที จากซิ้งค์พัลซ์ชนิดต่าง ๆ ตามรูปที่ 2.2 จะเป็นทวีคูณของ 2 ไมโครวินาทีทั้งนั้น ฉนั้นถ้าใช้ออซ-ซิลเลเตอร์ 250 กิโลเฮิทซ์ รวมกับไบนารีเคาน์เตอร์เชน (binary counter chain) จำนวน 4 ชุด ก็สามารถดึงเอาสัญญาณขาออกเป็นรูปซิ้งค์พัลซ์ตามต้องการได้

แต่การที่จะเลือกความถี่ 250 กิโลเฮิทซ์ เป็นมาสเตอร์ออซซิเลเตอร์นั้นไม่เหมาะสม เพราะว่าคริสตอล (crystal) ที่ความถี่นี้ราคาแพงเนื่องจากมีที่ใช้น้อยจะต้องสั่งให้โรงงานทำขึ้นเป็นพิเศษ ดังนั้นเพื่อที่จะให้เครื่องกำเนิดสัญญาณภาพมีราคาถูก จึงได้เลือกคริสตอลความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์เป็นมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ เพราะความถี่นี้สามารถซื้อได้ง่ายและราคาถูก เมื่อต้องการความถี่ 250 กิโลเฮิทซ์ ก็ทำได้โดยการใช้ เจ.เค.ฟลิบฟลอบ (J.K. flip flop) ซึ่งเป็นไอซีเบอร์ 7476 ทำหน้าที่เป็นดูอัลไบนารีเคาน์เตอร์ (dual binary counter) จำนวน 1 ตัว ใช้หารความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์ ด้วย 2 จำนวน 2 ครั้ง ก็จะได้ 250 กิโลเฮิทซ์ ตามต้องการ

การที่เลือกมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ควบคุมความถี่ด้วยคริสตอล ทำให้เสถียรภาพด้านความถี่ของมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์มีค่าคงที่ดีมาก เมื่อสัญญาณภาพต่าง ๆ ที่สร้างจากความถี่หลาย ๆ ความถี่ที่ได้จากการหารความถี่ของมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ จึงทำให้ภาพที่ได้มีเสถียรภาพดีตามไปด้วย

รูปที่ 2.3 แสดงฟิลด์ซิ้งค์พัลซ์ ชนิดมาตรฐานที่ใช้กับสถานีส่งโทรทัศน์[5] โดยมีฟิลด์แบล้งคกิ้งเท่ากับ 20 ไลน์ (1 ไลน์เท่ากับ 64 ไมโครวินาที) ฟิลด์ซิ้งค์พัลซ์จะมีความกว้าง 2.5 ไลน์ จะอยู่ล้าหลังจุดเริ่มต้นของฟิลด์แบล้งคกิ้งอยู่ 2.5 ไลน์ จากรูปที่ 2.3 จะเห็นว่ามีพัลซ์แคบ ๆ ขนาด 2 ไมโครวินาที จำนวน 5 พัลซ์ เรียกว่า อีควัลไลซิ่งพัลซ์ มีความถี่เป็น 2 เท่าของความถี่ของไลน์ซิ้งค์ ดังนั้นอีควัลไลซิ่งพัลซ์จะมีความถี่ 31,250 เฮิทซ์ใส่ไว้ก่อนและหลังฟิลด์ซิ้งค์พัลซ์ มีไว้เพื่อทำให้การสะแกนแบบสอดแทรก 2 : 1 ได้สมบูรณ์ และยังมีพอสิตีฟฮาล์ฟไลน์พัลซ์ขนาด 4 ไมโครวินาทีอยู่ในช่วงฟิลด์ซิ้งค์พัลซ์ที่เรียกว่า เซอร์เรทเตดพัลซ์ (serrated pulses) ใส่ไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนบนของภาพด้านเครื่องรับโย้[6] เนื่องจากช่วงฟิลด์ซิ้งค์พัลซ์มีระยะกว้าง ทำให้ทริกเกอร์ (trigger) ในวงจรออซซิลเลเตอร์ทางแนวนอนในช่วงนี้ของเครื่องรับโทรทัศน์

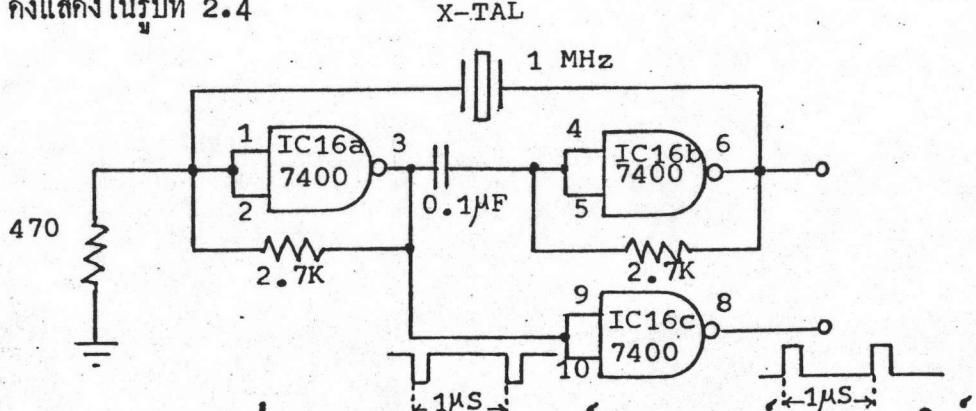
ขาดหายไปจึงเกิดฟรีรันนิ่ง (free running) ภาพจึงโย้ส่วนบน



รูปที่ 2.3 แสดงฟิลด์ซิงค์พัลซ์มาตรฐานทางแนวตั้ง ฟิลด์คี่และฟิลด์คู่

2.2.1 การสร้างมาสเตอร์ออซซิเลเตอร์ ความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์

เพื่อที่จะให้ความถี่ของมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์คงที่จำจะต้องใช้คริสตอลความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์ เป็นตัวควบคุมวงจรมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ วงจรนี้ทำได้โดยการให้ไบอัสที่เหมาะสมกับไอซีประเภททีทีแอล (TTL)[18] ชนิด แนนด์เกท (NAND gate) เบอร์ 7400 ดังแสดงในรูปที่ 2.4

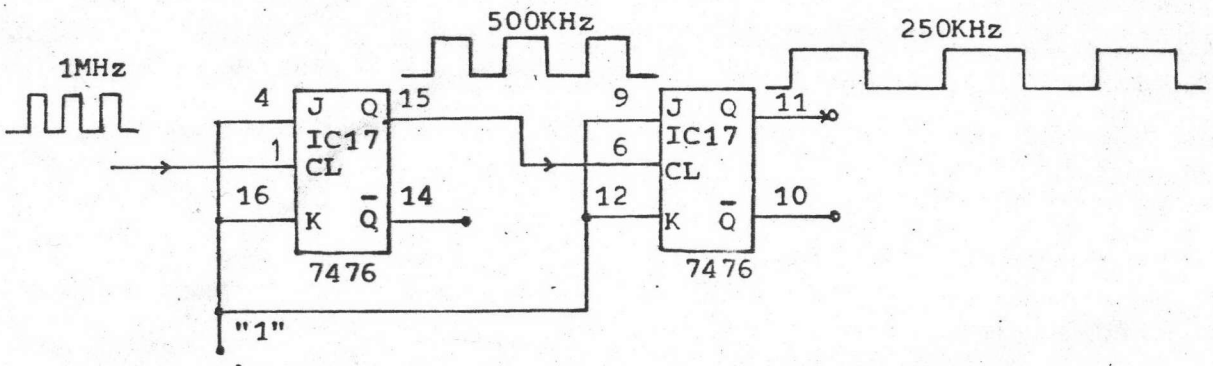


รูปที่ 2.4 แสดงวงจรมาสเตอร์ออซซิลเลเตอร์ 1 เมกกะเฮิทซ์

จากวงจรจะเห็นว่ามีการป้อนกลับผ่านคริสตอล ซึ่งทำให้วงจรเกิดการออซซิลเลท ที่ความถี่คริสตอลค่า R และ C ที่ใส่ในวงจรจะช่วยให้เสถียรภาพของวงจรดียิ่งขึ้น วงจรนี้สร้างได้โดยใช้แนนด์เกท 3 ตัว ร่วมกับ R และ C ดังรูปที่ 2.4 จะได้ความถี่ขาออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์ ออกที่ขา 8

2.2.2 <u>การสร้างสัญญาณออซซิลเลเตอร์ 250 กิโลเฮิทซ์จากความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์</u>

เมื่อได้ความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์ ซึ่งมีเสถียรภาพดีแล้ว แต่ต้องการความถี่ 250 กิโลเฮิทซ์ ก็ทำได้โดยการป้อนความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์เข้าไปยังวงจรหารด้วย 2 จำนวน 2 ครั้ง โดยการใช้ ทีทีแอลเบอร์ 7476 ซึ่งเป็น เจ.เค. ฟลิปฟลอป[7] 2 ตัว อยู่ในตัวเดียวกันดังรูปที่ 2.5

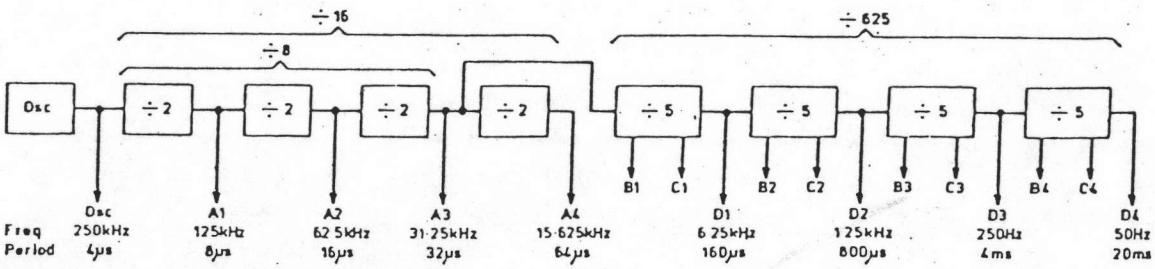


รูปที่ 2.5 วงจรสร้าง 250 กิโลเฮิทซ์ จาก 1 เมกกะเฮิทซ์

ไอซีเบอร์ 7476 มีข้อมูลขาเข้า 2 ทาง คือ J และ K และมีคล็อก(clock) ขาเข้าเพียงทางเดียว ถ้าให้ J เท่ากับ K เท่ากับ"1" เมื่อมีคล็อกเข้ามาจะเปลี่ยนสภาวะ ยกตัวอย่างเช่น ตามรูปที่ 2.5 ขา 4 เท่ากับ J และขา 16 เท่ากับ K ถูกป้อนด้วยสัญญาณ "1" สังเกตที่ Q ขา 15 สมมติว่าก่อนที่จะมีคล็อกเข้ามาขา 15 อยู่ในสภาวะ "1" เมื่อมีคล็อกตัวที่ 1 เข้ามาที่ขา 1 ที่ขา 15 จะเปลี่ยนจาก "1" ไปเป็น "0" ต่อมาเมื่อคล็อกตัวที่ 2 เข้ามาจะเปลี่ยนจาก "0" ไปเป็น "1" ฉนั้นถ้าคล็อกเข้ามาด้วยความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์ที่ขา 15 จะมีคล็อกออกมาเพียง 500 กิโลเฮิทซ์ จึงเป็นการหารด้วย 2 ทำนองเดียวกันคล็อกจากขา 15 ป้อนเข้าขา 6 ที่ขา 11 จะมีคล็อกออกมาครึ่งหนึ่งของขาเข้าคือ 250 กิโลเฮิทซ์

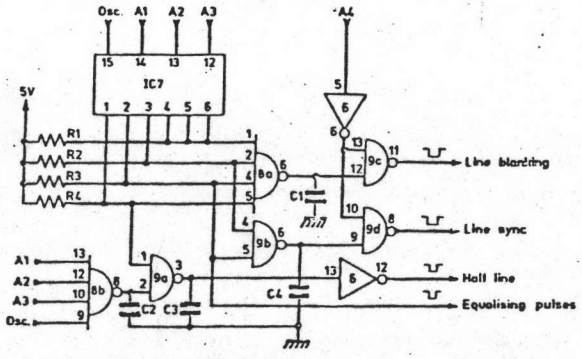
2.2.3 การสร้างซิ้งค์พัลซ์ทางแนวนอนและแนวตั้ง

การสร้างซิ้งค์พัลซ์ทางแนวนอนซึ่งมีความถี่ 15625 เฮิทซ์ ทำได้โดยการนำเอาสัญญาณออซซิลเลเตอร์ความถี่ 250 กิโลเฮิทซ์ผ่านวงจร หารด้วย 2 จำนวน 4 ครั้ง ดังรูปที่ 2.6[5] จะได้



รูปที่ 2.6 การหารเบื้องต้นเพื่อสร้างซิ้งค์พัลซ์ทางแนวนอนและแนวตั้ง

A1, A2, A3 และ A4 ซึ่งมีความถี่ 125 กิโลเฮิทซ์, 62.5 กิโลเฮิทซ์, 31.25 กิโลเฮิทซ์ และ 15.625 กิโลเฮิทซ์ ตามลำดับ A4 จะมีความถี่เช่นเดียวกับความถี่ทางแนวนอน มีพีเรียด 64 ไมโครวินาที แต่มีความกว้างของพัลซ์ยังไม่ถูกต้อง จำเป็นจะต้องทำให้ได้รูปร่างมาตรฐาน ทำได้โดยการนำเอาออซซิลเลเตอร์ 250 กิโลเฮิทซ์ A1, A2, A3 และ A4 ผ่านเข้าวงจรดีโคดเดอร์ (decoder) ร่วมกับวงจรแอนด์เกท (AND gate) ดังแสดงในรูปที่ 2.7[5] IC7

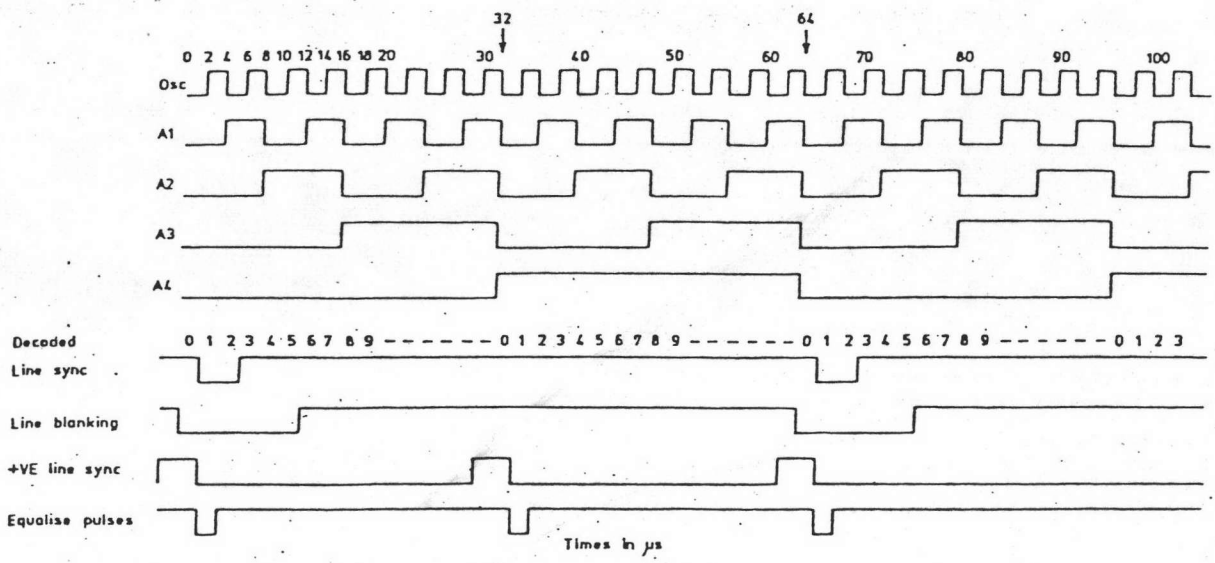


รูปที่ 2.7 วงจรดีโคดเดอร์เพื่อทำไลน์แบล้งค์กิ้ง, ไลน์ซิ้งค์, ฮาล์ฟไลน์พัลซ์และอีควัลไลซิ่งพัลซ์

ใช้เบอร์ 7445[19] ซึ่งทำหน้าที่เป็นดีโคดเดอร์ C1, C2, C3 และ C4 ใช้ค่า 330PF เป็นบายพาสคาพาซิเตอร์ (bypass capacitor) ซึ่งมีไว้ป้องกันคลื่นรบกวนต่าง ๆ จากภายนอก

ซึ่งคลื่นรบกวนเหล่านั้นอาจจะเกิดจากสนามไฟฟ้า คลื่นวิทยุหรืออื่นใดก็ตามซึ่งอาจทำให้การทำงานของไอซีผิดพลาดได้

รูปที่ 2.8 แสดงการดีโคด (decode) สัญญาณไลน์แบล้งค์กิ้ง, ไลน์ซิ้งค์, อาล์ฟ-ไลน์และอีควัลไลซิ่งพัลซ์ด้วยไทม์มิ่งไดอะแกรม (timing diagram) [5]



รูปที่ 2.8 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมที่ใช้ในการดีโคด 250 กิโลเฮิทซ์ A1, A2, A3 และ A4 เพื่อให้ได้ ไลน์แบล้งค์กิ้ง ไลน์ซิ้งค์, พอสิทีฟฮาล์ฟไลน์ซิ้งค์และอีควัลไลซิ่งพัลซ์

จากรูปที่ 2.7 การดีโคดสัญญาณไลน์แบล้งค์กิ้ง ทำได้โดยนำเอาออซซิเลเตอร์ 250 กิโลเฮิทซ์ A1, A2 และ A3 ป้อนเข้า IC7 จะเห็นว่า ขณะที่สัญญาณขาออกที่ขา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 เป็น "1" ทั้งหมดสัญญาณขาเข้าของ IC8a จะเป็น "1" ทุก ๆ ขา สัญญาณขาออกที่ขา 6 ของ IC8a จะเป็น "0" ตลอดเวลา เว้นแต่ขณะที่สัญญาณขาออกของ IC7 ขาใดขาหนึ่งเป็น "0" สัญญาณขาออกที่ขา 6 ของ IC8a จะเป็น "1" การทำงานของ IC7 จะให้สัญญาณขาออกขา 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 สลับกันเป็น "0" เรียงตามลำดับติดต่อกันไปขาละ 2 ไมโครวินาที รวม 6 ขาได้ 12 ไมโครวินาที ดังนั้นสัญญาณขาออกที่ขา 6 ของ IC8a จะเป็น "1" เพียง 12 ไมโครวินาทีแล้วก็กลับเป็น "0" อีก สัญญาณนี้นำไปป้อนให้กับขา 12 ของ IC9c ที่ขา 13 ของ IC9c ป้อนด้วยสัญญาณ $\overline{A4}$ จะได้สัญญาณขาออก

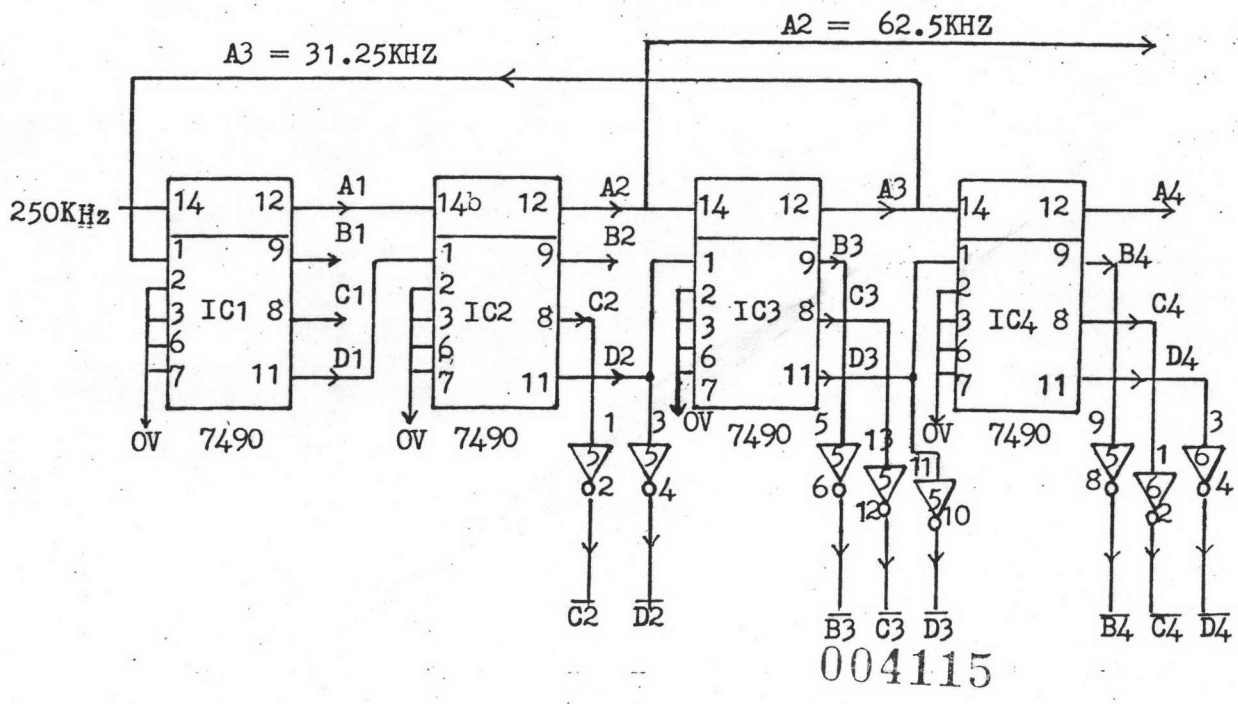
ที่ขา 11 มีลักษณะเป็นเนกกาทีฟซิ้งค์พัลซ์ มีความกว้างของพัลซ์เท่ากับ 12 ไมโครวินาที เกิดขึ้นทุก ๆ 64 ไมโครวินาที (ดูรูปที่ 2.8) IC8a เบอร์ 7420 ที่จริงแล้วเป็นแนนด์เกทแต่ในที่นี้ทำหน้าที่ในรูปของ ออร์เกท (OR gate) ลอจิกแบบนี้นิยมใช้กันมากเนื่องจากสัญญาณขาออกของ IC7 เป็นแบบโอเพน คอลเลคเตอร์ (open collector) ดังนั้นขั้วสัญญาณขาออกสามารถต่อร่วมกันได้ (ขา 4, 5 และ 6)

การดีโคดไลน์ซิ้งค์ทำได้เช่นเดียวกับไลน์แบล้งคกิ้งจากขา 3, ขา 2 ของ IC7 ต่อเข้ากับขา 4 ขา 5 ของ IC9b ตามลำดับ (ดูรูปที่ 2.7) สัญญาณขาออกที่ขา 6 ของ IC9b จะให้พอซิทีฟซิ้งค์พัลซ์ ซึ่งมีความกว้างของพัลซ์เพียง 4 ไมโครวินาที ป้อนให้กับขา 9 ของ IC9d ที่ขา 10 ของ IC9d ป้อนด้วยสัญญาณ $\overline{A4}$ จะได้สัญญาณขาออกที่ขา 8 มีลักษณะเป็นเนกกาทีฟซิ้งค์พัลซ์ มีความกว้างของพัลซ์ 4 ไมโครวินาทีและเกิดขึ้นทุก ๆ 64 ไมโครวินาที (ดูรูปที่ 2.8)

สัญญาณอีควัลไลซิ่งพัลซ์ทำได้โดยตรงจาก IC7 ขา 2 ซึ่งจะเป็น "1" ตลอดเวลา เว้นแต่ในช่วงที่ ออซซิลเลเตอร์ 250 กิโลเฮิทซ์ A1, A2 และ A3 เป็น 0, 1, 0, 0 ตามลำดับ ขา 2 ของ IC7 จะเป็น "0" เกิดขึ้นเพียง 2 ไมโครวินาที จะกลับเป็น "1" อีกซึ่งพัลซ์นี้จะกระทำซ้ำ ๆ กันอีกเมื่อครบ 32 ไมโครวินาที จึงได้รูปร่างของอีควัลไลซิ่งพัลซ์ (ดังรูปที่ 2.8)

พอซิทีฟฮาล์ฟไลน์พัลซ์สำหรับป้อนให้กับฟลดซิ้งค์พัลซ์ทำได้โดยเอาออซซิลเลเตอร์ 250 กิโลเฮิทซ์ A3, A2 และ A1 ป้อนเข้าขา 9, 10, 12 และ 13 ของ IC8b ตามลำดับ สัญญาณขาออกของ IC8b ขา 8 จะเป็น "1" ในขณะที่สัญญาณขาเข้าขาใดขาหนึ่งเป็น "0" หรือ "0" หมดทุกขาเว้นแต่เมื่อสัญญาณขาเข้าเป็น "1" ทุกขา จะให้สัญญาณขาออกเป็น "0" สัญญาณนี้นำไปป้อนให้กับขา 2 ของ IC9a จากขา 1 ของ IC7 ต่อเข้ากับขา 1 ของ IC9a จะได้พอซิทีฟฮาล์ฟไลน์พัลซ์มีความกว้างของพัลซ์ 4 ไมโครวินาทีออกที่ขา 3 ของ IC9a (ดังรูปที่ 2.8) ซึ่งสัญญาณนี้จะถูกกลับขั้วโดยป้อนเข้าขา 13 ของ IC6 สัญญาณขาออกที่ขา 12 จะเป็นเนกกาทีฟฮาล์ฟไลน์ซิ้งค์ส่งไปยังวงจร มิกซ์ซิ้งค์ (ดูรูป 2.11)

การสร้างซิ้งค์พัลซ์ทางแนวตั้งซึ่งมีความถี่ 50 เฮิทซ์ทำได้โดยการนำเอาความถี่ 31.25 กิโลเฮิทซ์ไปผ่านวงจรหารด้วย 5 จำนวน 4 ครั้ง ดังแสดงในรูปที่ 2.9[5] จะเห็นว่า

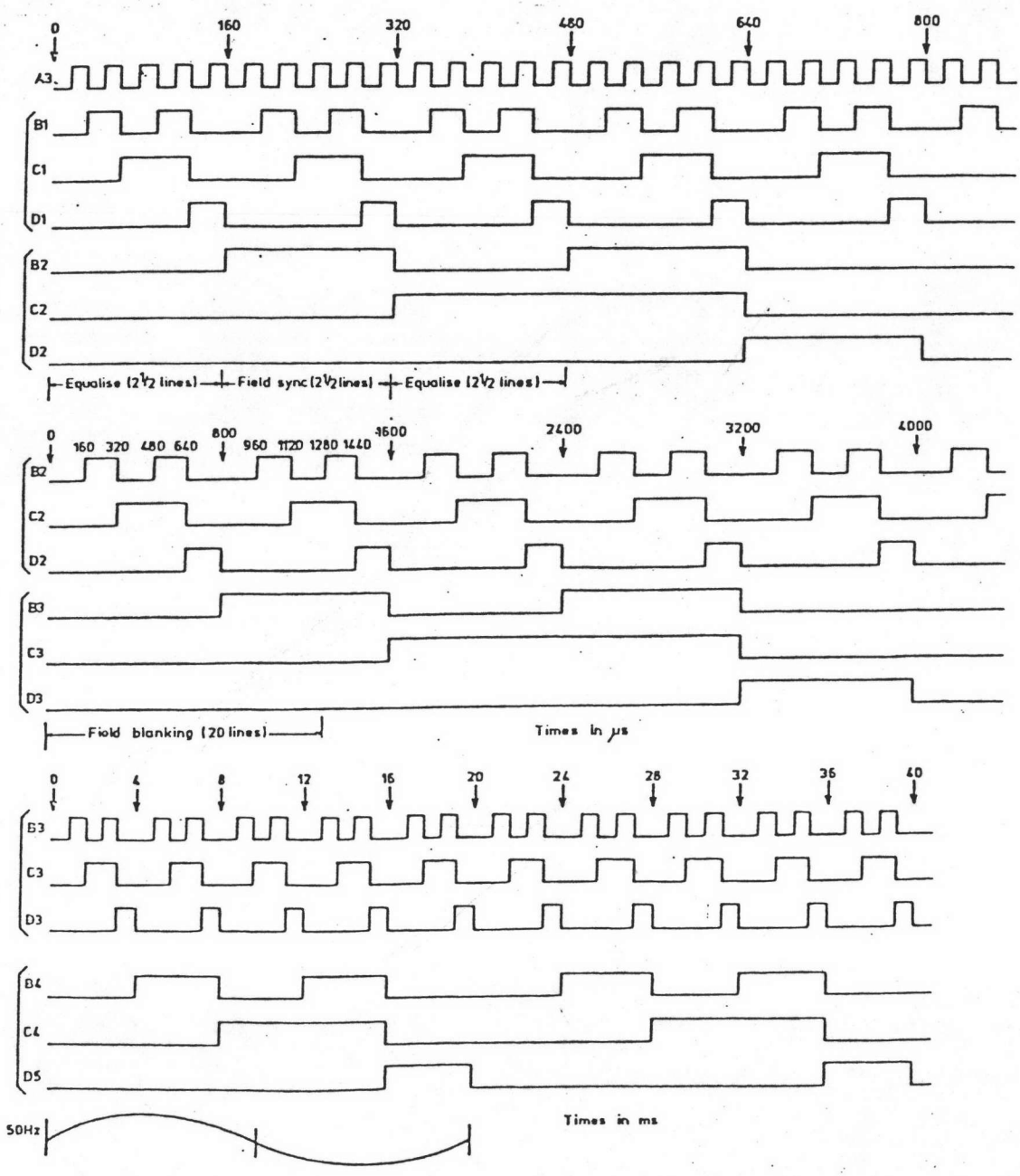


รูปที่ 2.9 การหารด้วย 2 จำนวน 4 ครั้ง และหารด้วย 5 จำนวน 4 ครั้ง โดยใช้ไอซีเบอร์ 7490

วงจรหารด้วย 5 ได้จากครึ่งหนึ่งของไอซีเบอร์ 7490 ซึ่งเบอร์นี้ประกอบด้วยวงจรหาร 2 ชุด ชุดหนึ่งหารด้วย 2 และอีกชุดหนึ่งหารด้วย 5 ถ้าใช้รวมกันก็สามารถหารด้วย 10 ได้ แต่ในที่นี้ใช้ไอซีเบอร์ 7490 จำนวน 4 ตัว แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนที่หารด้วย 2 นำไปใช้ในวงจรที่ใช้สร้างไลน์ซิ้งค์พัลซ์ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ส่วนที่เหลือหารด้วย 5 อีก 4 ชุด นำมาใช้ในการหาร A3 จำนวน 4 ครั้ง จะได้สัญญาณขาออกที่ขา 11 เป็น D1, D2, D3 และ D4 ซึ่งจะมีความถี่ 6.25 กิโลเฮิทซ์, 1.25 กิโลเฮิทซ์, 250 เฮิทซ์และ 50 เฮิทซ์ ตามลำดับ และที่ขา 9 และขา 8 จะให้สัญญาณขาออก B และ C จำนวน 4 ชุด คือ B1C1, B2C2, B3C3 และ B4C4 ดังจะแสดงด้วยไทม์มิ่งไดอะแกรมในรูปที่ 2.10[5] จากรูปนี้จะเห็นว่า

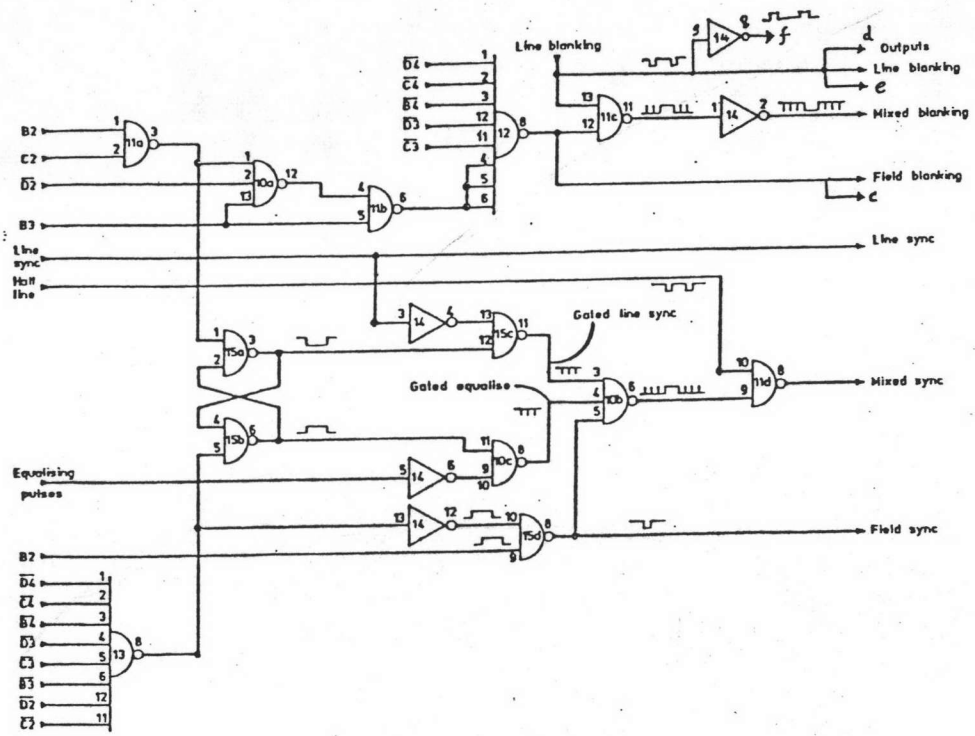
004115

i 1754810x



รูปที่ 2.10 ไทม์มิ่งไดอะแกรมแสดงการสร้างความถี่ 50 เฮิทซ์
จากความถี่ 31.5 กิโลเฮิทซ์

ความถี่ที่ได้จาก C2, D2, B3, C3, D3, B4, C4 และ D4 นำไปผ่านวงจรอินเวอร์เตอร์ (inverter) ใช้ไอซีเบอร์ 7404 มีอินเวอร์เตอร์ 6 ตัวในตัวเดียวจะได้ $\overline{C2}$, $\overline{D2}$, $\overline{B3}$, $\overline{C3}$, $\overline{D3}$, $\overline{B4}$, $\overline{C4}$ และ $\overline{D4}$ ซึ่งจะมีเฟส (phase) ต่างจากเดิม 180 องศา ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เสร็จแล้วนำสัญญาณต่าง ๆ ที่ได้นำมาเข้าวงจรดีโคดเดอร์เพื่อสร้างมิกซ์แบล้งคิ้ง ฟิลด์แบล้งคิ้ง มิกซ์ซิ้งค์ (mixed sync.) ฟิลด์ซิ้งค์ ดังแสดงในรูปที่ 2.11[5]



รูปที่ 2.11 การสร้างมิกซ์แบล้งคิ้ง (mixed blanking), ฟิลด์แบล้งคิ้ง, มิกซ์ซิ้งค์ และฟิลด์ซิ้งค์

มิกซ์แบล้งคิ้งทำได้จากการรวมไลน์แบล้งคิ้ง (line blanking) เข้าขา 13 ของ IC11c กับฟิลด์แบล้งคิ้งซึ่งดีโคดจาก IC12 เข้าขา 12 ของ IC11c จะได้สัญญาณมิกซ์แบล้งคิ้งออกที่ขา 11 ของ IC11c ผ่าน IC14 เพื่อกลับเฟสจะได้สัญญาณมิกซ์-แบล้งคิ้งเป็นลบ

ฟิลด์แบล้งคิ้งสามารถทำได้โดยตรงจากขา 8 ของ IC12

การทำมิกซ์ซิงค์พัลซ์ (ดูรูป 2.3) ในช่วงฟิลด์แบล้งค์กึ่งพีเรียดจะมีอีควัลไลซิ่งพัลซ์อยู่ก่อนและหลังฟิลด์ซิงค์ตามรูปที่ 2.11 อีควัลไลซิ่งพัลซ์จะถูกเกทให้ไปรวมในมิกซ์ซิงค์ในระยะเวลา 7.5 เท่าของไลน์ซิงค์ ที่ได้จากฟลิปฟลอบ IC15a และ IC15b จะถูกรีเซท (reset) โดย B2 และ C2 ซึ่งเกิดขึ้นในช่วงเวลา 7.5 เท่าของไลน์ซิงค์สัญญาณขาออกของฟลิป-ฟลอบจะเป็นตัวเปิดให้อีควัลไลซิ่งพัลซ์ผ่าน IC10c ที่ขา 3 ของ IC10b เป็นไลน์ซิงค์ที่เกทเข้ามา IC10b จะทำหน้าที่ผสมฟิลด์ซิงค์, ไลน์ซิงค์และอีควัลไลซิ่งส่วน IC11d ทำหน้าที่เอาพอซิตีฟฮาล์ฟไลน์พัลซ์รวมเข้าไปในช่วงฟิลด์ซิงค์ จะได้มิกซ์ซิงค์ออกที่ขา 8 ของ IC11d

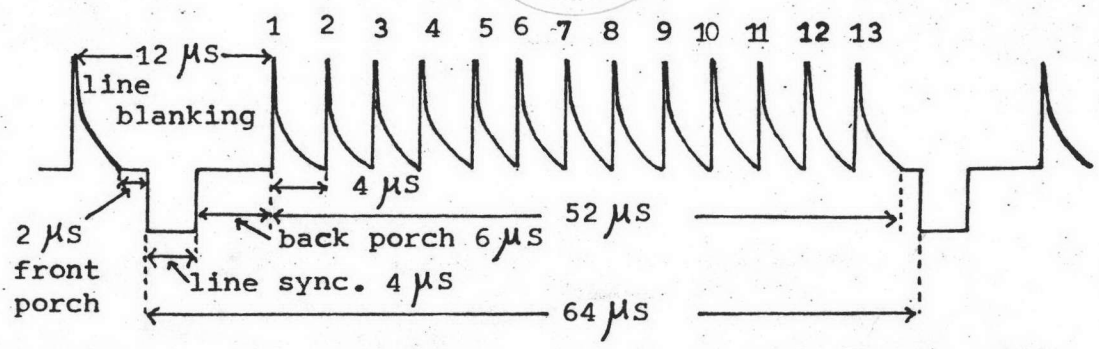
สำหรับฟิลด์ซิงค์ทำได้จากเอา B2 จากรูปที่ 2.10 ซึ่งมีพีเรียด 2.5 เท่าของไลน์ซิงค์ป้อนให้ IC15d ขา 9 และสัญญาณคีโคดจาก IC13 ผ่าน IC14 เพื่อกลับเฟสเข้า IC15d ที่ขา 10 จะได้สัญญาณขาออกที่ขา 8 ของ IC15d

2.3 แหล่งกำเนิดสัญญาณภาพ

การส่งภาพทางโทรทัศน์จำเป็นจะต้องคำนึงถึงอัสเปคเรโช (aspect ratio) ซึ่งเป็นอัตราส่วนของความกว้างของภาพต่อความสูงของภาพ ที่ใช้เป็นมาตรฐานคือ 4 : 3[13] อัตราส่วนนี้จะทำให้ภาพที่เห็นกว้างกว่าความสูงประมาณ 1.33 เท่า ดังนี้มีค่าเช่นเดียวกับฟิล์มภาพยนต์คือกว้างมากกว่าสูง ทั้งนี้เพื่อเหมาะกับการเคลื่อนที่ของตัวแสดงในฉาก ซึ่งปกติผู้แสดงจะเคลื่อนที่ตามแนวนอนมากกว่าแนวตั้ง หลอดรับภาพโทรทัศน์จะมีอัตราส่วน 4 : 3 เช่นเดียวกัน ดังนั้นการออกแบบภาพเส้นในแนวนอนและแนวตั้งควรจะมีอัตราส่วนใกล้เคียงกับอัสเปคเรโช เช่นเครื่องกำเนิดสัญญาณภาพของบริษัทฟิลิปส์แบบ PM5506 ใช้เส้นในแนวตั้งจำนวน 15 เส้น และเส้นในแนวนอนจำนวน 11 เส้น อัสเปคเรโชจะได้ 15 : 11 หรือเท่ากับ 1.36 ในวิทยานิพนธ์นี้ได้ออกแบบให้มีภาพเส้นทางแนวตั้งจำนวน 13 เส้นและภาพเส้นตามแนวนอนจำนวน 9 เส้น เมื่อเทียบอัตราส่วนความกว้างของภาพต่อความสูงของภาพจะได้ 13 : 9 หรือประมาณ 1.44 ซึ่งใกล้เคียงกับค่าอัสเปคเรโช

2.3.1 การสร้างภาพแนวตั้งจำนวน 13 เส้น

ทำได้โดยการสร้างพัลซ์แคบ ๆ จำนวนที่เหมาะสมนำไปรวมกับสัญญาณแบล้งค์กึ่งและสัญญาณซิงค์มีลักษณะดังแสดงในรูป 2.12



รูปที่ 2.12 ภาพแนวตั้งจำนวน 13 เส้น บนเส้นสะแกนทางแนวนอน 1 เส้น

การสะแกนทางแนวนอน 1 เส้นจะมีลักษณะของภาพดังแสดงในรูปที่ 2.12 การสะแกน 1 เส้น จะใช้เวลาทั้งหมด 64 ไมโครวินาทีซึ่งแบ่งเป็นส่วน ๆ ดังนี้

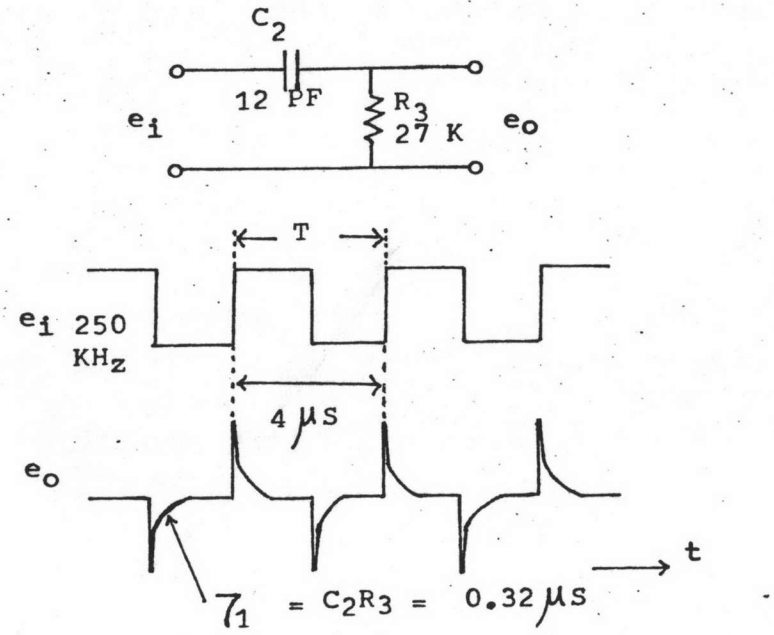
ช่วงที่มองเห็นจริง ๆ (active scanning)	52 ไมโครวินาที
ช่วงแบล้งคกิ้ง	12 ไมโครวินาที
ความกว้างของไลน์ซิ้งค์	4 ไมโครวินาที
ฟร้อนพอร์ช	2 ไมโครวินาที
แบคพอร์ช	6 ไมโครวินาที

การทำพัลซ์แคบ ๆ ทำได้จากพัลซ์รูปสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ 250 กิโลเฮิทซ์ ซึ่งมีอยู่แล้ว ความถี่นี้จะมีพีเรียด T (ดูรูป 2.13) ดังสมการ

$$T = \frac{1}{250 \times 10^3} = 4\ \mu s$$

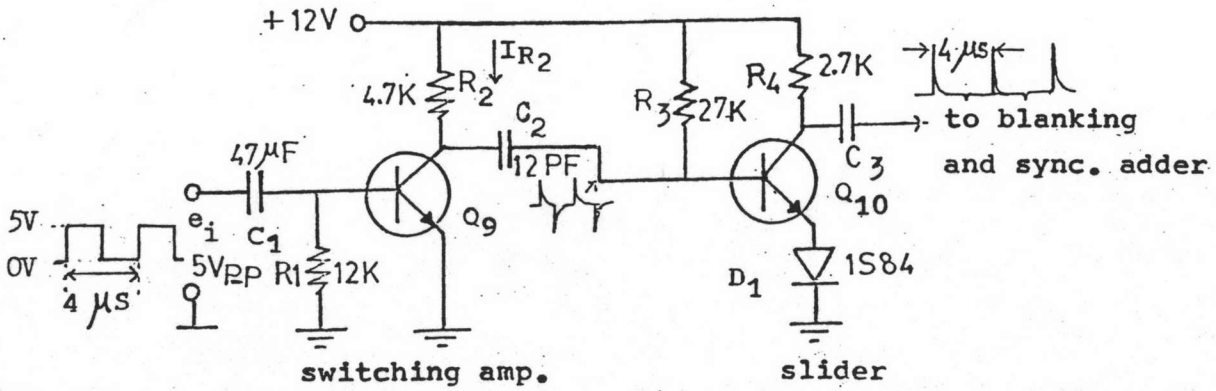
เมื่อนำไปผ่านวงจรดีฟเฟอเรนทิเอเตอร์ (differentiator)[15] จะให้พัลซ์แคบ ๆ ทั้งบวกและลบแต่ละพัลซ์จะห่างกัน 4 ไมโครวินาที ดังแสดงในรูปที่ 2.13

จากนั้นก็นำไปป้อนวงจรสะไลเดอร์ (slider) ตัดเป็นส่วนที่เป็นลบทิ้งไป ยังคงเหลือแต่เพียงพัลซ์ที่เป็นบวกส่งไปรวมกับภาคแบล้งคกิ้ง และซิ้งค์แอดเดอร์ (sync. adder)



รูปที่ 2.13 สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมผ่านวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์

ซึ่งจะได้อธิบายในภาคต่อไป วงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์และวงจรสะไลเดอร์ แสดงในรูปที่ 2.14 Q_9 ออกแบบไว้เป็นวงจรสวิทชิ่งแอมปลิไฟเออร์ (switching amplifier) ปกติแล้ว จะอยู่



รูปที่ 2.14 วงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์และวงจรสะไลเดอร์

ในภาวะ ออฟ (OFF) เมื่อไม่มีสัญญาณเข้า สัญญาณรูปสี่เหลี่ยมซึ่งมีความถี่ 250 กิโลเฮิทซ์ มีขนาด 5 V_{p-p} ป้อนเข้าทาง C_1 ช่วงที่สัญญาณขาเข้าเป็น 0V Q_9 จะออฟ แต่ตอนที่สัญญาณ

ขาเข้าเป็นบวก 5 V Q_9 จะทำงานหรือ ออน (ON) ในตอนนี้จะมีกระแสไหลผ่าน R_2 คือ I_{R_2} หาได้จากสมการ

$$I_{R_2} = \frac{12}{4.7\ K} = 2.55 \quad mA$$

ทำให้ศักดาที่คอลเลคเตอร์ .(collector) ของ Q_9 มีค่าต่ำสุด แต่เมื่อ Q_9 ออฟจะให้ศักดาสูงสุดคือ 12 V ฉนั้นที่คอลเลคเตอร์ของ Q_9 จะได้สัญญาณมีรูปร่างเช่นเดียวกับสัญญาณขาเข้า แต่เฟสตรงข้าม 180 องศาเนื่องจากสัญญาณขาเข้าเป็นรูปสี่เหลี่ยมที่มีความกว้างของพัลซ์เท่ากันด้วย ทรานซิสเตอร์ Q_9 มี V_{CE} ตอนอิ่มตัว จะมีค่าใกล้เคียงกับ 1 V เมื่อผ่าน C_2R_3 ซึ่งเป็นวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ที่มีไทม์คอนสะแตน (time constant) สั้นมาก ดังสมการ

$$\tau_1 = C_2R_3$$

$$\tau_1 = 12 \times 10^{-12} \times 27 \times 10^3$$

$$\tau_1 = 0.32\ \mu s$$

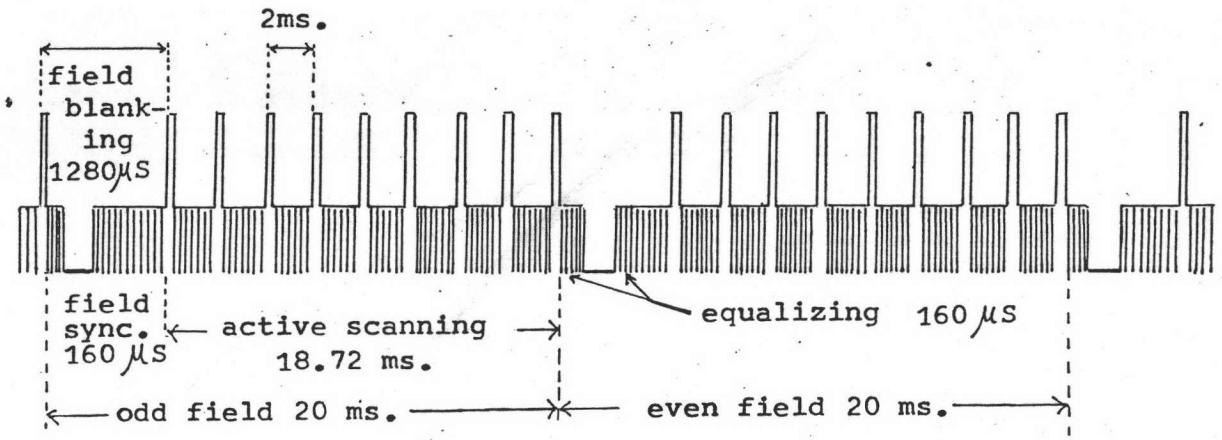
จึงทำให้พัลซ์ ที่ได้มีความกว้างของพัลซ์แคบมาก Q_{10} ออกแบบไว้เป็นวงจรสะไลเคอร์ และขยายสัญญาณด้วย เมื่อพัลซ์แคบ ๆ ที่มีทั้งบวกและลบป้อนเข้ากับเบสของ Q_{10} ที่อิมิทเตอร์ (emitter) Q_{10} มีไดโอด (diode) D_1 ต่อคาโทด (cathode) ลงดิน พัลซ์ที่เป็นบวกจะถูกลัดวงจรลงดิน (ground) เพราะ D_1 จะอยู่ในภาวะออน จึงเหลือแต่พัลซ์ลบเท่านั้นที่มีผลต่อวงจร ปรกติ Q_{10} จะออกแบบไว้ให้ออน ตลอดเวลา เมื่อพัลซ์ลบเข้ามาจะทำให้ Q_{10} ออฟได้สัญญาณขาออกที่คอลเลคเตอร์ของ Q_{10} มีลักษณะเป็นพัลซ์บวกที่มีความกว้างของพัลซ์แคบ τ_1 และมีระยะห่างกันของแต่ละพัลซ์เท่ากับ 4 ไมโครวินาที นำไปป้อนให้วงจรแบ้งค์กิ้ง และซิ้งค์แอคเตอร์ จะได้ลักษณะรูปร่างดังแสดงในรูปที่ 2.12 เนื่องจากว่าช่วงที่ตามองเห็นจริง τ_1 เพียง 52 ไมโครวินาที เมื่อความกว้างของแต่ละพัลซ์เป็น 4 ไมโครวินาที จะได้จำนวนเส้นทางแนวตั้งดังสมการ

$$\text{จำนวนเส้นทางแนวตั้ง} = \frac{52\ \mu s}{4\ \mu s} = 13 \text{ เส้น}$$

ข้อสังเกตพัลซ์แคบ ๆ ที่ปรากฏในช่วงแบล้งคกิ้งจะถูกคัดออกไปโดยแบล้งคกิ้งพัลซ์ จึงมองเห็นเพียง 13 เส้นเท่านั้น

2.3.2 <u>การสร้างสัญญาณภาพทางแนวนอน จำนวน 9 เส้น</u>

ทำได้โดยการนำเอาสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ที่เหมาะสมรวมเข้าในฟิลด์สะแกนนิ่ง ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ภาพเส้นทางแนวนอน 9 เส้น บนฟิลด์สะแกนนิ่ง

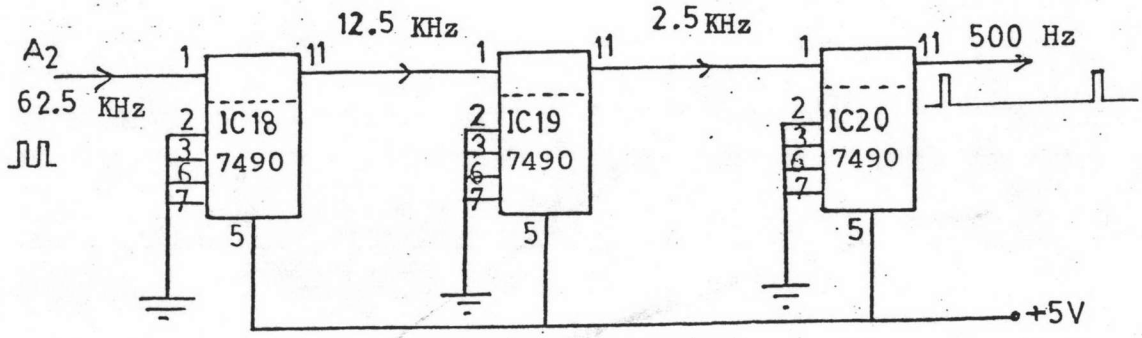
การสะแกนในแนวตั้ง 1 ภาพ แบ่งออกเป็น 2 ฟิลด์ คือ ฟิลด์คี่และฟิลด์คู่ แต่ละฟิลด์จะใช้เวลาในการสะแกน $\frac{1}{50}$ วินาที หรือ 20 มิลลิวินาที ฉนั้น 1 ภาพจะใช้เวลาในการ – สะแกน $\frac{1}{50}+\frac{1}{50}$ เท่ากับ $\frac{1}{25}$ หรือ 25 ภาพต่อวินาที

การสะแกนในแนวตั้ง 1 ฟิลด์ใช้เวลา	20	ms.
แบ่งเป็นเวลาที่ใช้ในฟิลด์แบล้งคกิ้ง 20 ไลน์ซิ้งค์เท่ากับ	1.28	ms.
เวลาที่มองเห็นจริงเท่ากับ	18.72	ms.
หรือใกล้เคียงกับ	18	ms.
เวลา 18 ms. แบ่งออกเป็น	9	เส้น

ฉนั้น 1 เส้น จะใช้เวลาเท่ากับ $\frac{18}{9}$ = 2 ms.

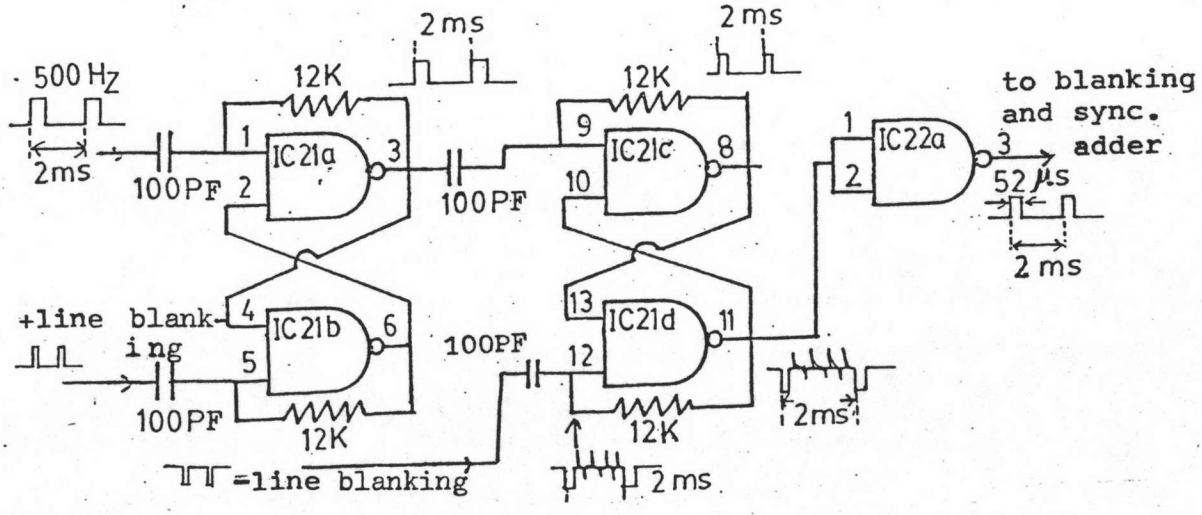
ความถี่ของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ใช้คือ $\frac{1}{2\text{ ms}}$ = 500 Hz

การสร้างสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 500 เฮิทซ์ ทำได้โดยนำเอาสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมความถี่ 62.5 กิโลเฮิทซ์ ป้อนเข้าวงจรหารด้วย 5 จำนวน 3 ชุดโดยใช้ไอซีเบอร์ 7490 ต่อเป็นวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 การสร้างความถี่ 500 เฮิทซ์จากความถี่ 62.5 กิโลเฮิทซ์

ความถี่ 500 เฮิทซ์ที่ได้จากขา 11 ของ IC20 มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมแต่มีความกว้างของพัลซ์ไม่เหมาะสม ถ้านำความถี่นี้ไปป้อนเข้าวงจรแบล้งค์กิ้งและซิ้งค์แอคเคอร์โดยตรงจะทำให้ภาพที่มองเห็นในแนวนอนเป็นเส้นหนา จึงจำเป็นต้องนำไปป้อนเข้าวงจรคีย์ (key circuit) เพื่อลดความกว้างของพัลซ์ให้ถูกต้องดังแสดงในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 วงจรคีย์เพื่อทำให้เส้นในแนวนอนเหลือเพียงเส้นเดียว

การที่จะทำให้เส้นแนวนอนเห็นสว่างคมชัดเจน จะต้องให้การสะแกนทางแนวตั้งจากบนลงมาล่างซึ่งใช้เวลา 20 มิลลิวินาที จะเริ่มเห็นเส้นในแนวนอนสว่าง 1 เส้น มืดไป 30 เส้น เส้นที่มืดไปหาได้จากระยะเวลาของความถี่ 500 เฮิทซ์ซึ่งเท่ากับ 2 มิลลิวินาที หรือ 2,000 ไมโครวินาทีหารด้วยระยะเวลาที่ใช้ในการสะแกนทางแนวนอน 1 เส้น คือ 64 ไมโครวินาที คำนวนหาจำนวนเส้นที่มืดไปจากสมการ

$$\text{จำนวนเส้นที่มืดไป} = \frac{2{,}000\ \mu s - 64\ \mu s}{64\ \mu s}$$

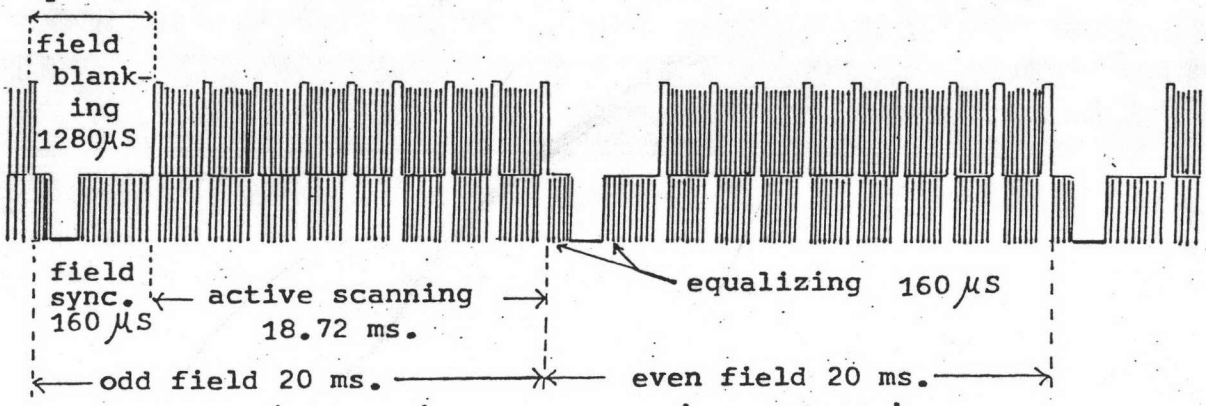
$$= 30.25$$

$$\text{หรือ} = 30 \text{ เส้น}$$

จากรูปที่ 2.17 แบ่งเป็น 2 ภาค แต่ละภาคจะใช้ที่ทีแอลชนิดแนนด์เกทจำนวน 2 ตัว ภาคแรกจะเป็นการคีย์เอาพัลซ์ส่วนที่เป็นบวกซึ่งมีความกว้างของพัลซ์มากกว่าระยะเวลาของเส้นแนวนอนคือมากกว่า 64 ไมโครวินาที คีย์ให้เล็กลงโดยป้อนความถี่ 500 เฮิทซ์ผ่านคาพาซิเตอร์ (capacitor) 100 พิโคฟารัด (pico farad) เข้าที่ขา 1 และเอาไลน์แบล้งคกิ้งพัลซ์บวกผ่านคาพาซิเตอร์ 100 พิโคฟารัดเข้าขา 5 ที่ขั้วสัญญาณขาเข้าและขั้วสัญญาณขาออกของ IC21a และ IC21b จะต่อสัญญาณร่วมกันโดยขา 2 ต่อกับขา 6 และขา 3 ต่อกับขา 4 ระหว่างขา 1 กับขา 3 และขา 5 กับ ขา 6 จะต่อด้วยความต้านทาน 12 กิโลโอห์ม ทั้งนี้เพื่อลดขนาดของสัญญาณจากขา 1 ไปยังขา 3 และจากขา 5 ไปยังขา 6 ซึ่งจะได้รูปร่างของสัญญาณภาพ คังแสดงไว้ตามจุดต่าง ๆ ภาคสองเมื่อได้สัญญาณที่มีความถี่ 500 เฮิทซ์ และมีความกว้างของพัลซ์ประมาณ 64 ไมโครวินาที จากขา 3 ของ IC21a นำไปป้อนเข้าขา 9 ของ IC21c โดยผ่านคาพาซิเตอร์ 100 พิโคฟารัด จะทำให้มีขนาดลดลงเล็กน้อยวงจร IC21c และ IC21d จะต่อกันในลักษณะเดียวกับ IC21a และ IC21b ต่างกันแต่ว่า IC21d ที่ขา 12 จะป้อนด้วยไลน์แบล้งคกิ้งที่มีขั้วลบ สัญญาณขาออกที่ขา 11 จะมีความกว้างของพัลซ์ที่ถูกต้องคือประมาณ 52 ไมโครวินาที นำไปป้อนเข้าขา 1,2 ของ IC22a เพื่อกลับเฟสให้เป็นบวกจึงส่งไปยังสวิทซ์เพื่อส่งต่อไปยังภาคแบล้งคกิ้งและซิ้งค์แอคเคอร์

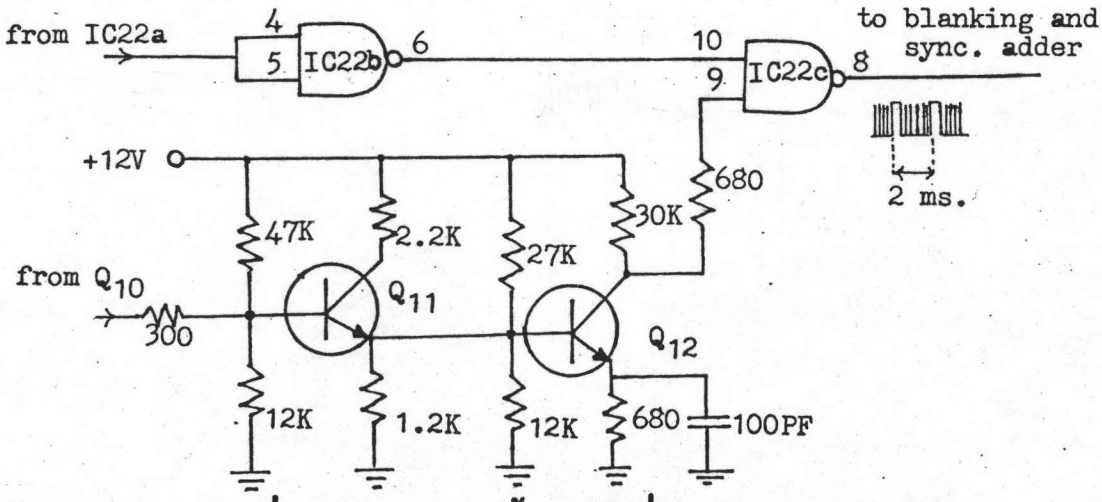
2.3.3 การสร้างภาพตาข่าย

การสร้างภาพตาข่ายซึ่งประกอบด้วยเส้นในแนวตั้งจำนวน 13 เส้นและเส้นในแนวนอนจำนวน 9 เส้น ทำได้โดยการนำเอาความถี่ 500 เฮิรซ์ที่ได้จากวงจรคีย์นำไปรวมกับพัลซ์ที่ได้จากการขยายพัลซ์แคบ ๆ ที่มีระยะห่างกัน 4 ไมโครวินาที เมื่อนำไปรวมกับแบล้งคกิ้งและซิ้งค์แล้วจะได้รูปร่างของสัญญาณภาพดังแสดงในรูปที่ 2.18 การรวมสัญญาณแนวตั้งกับแนวนอนเป็นรูปตาข่ายนั้น



รูปที่ 2.18 รูปร่างของสัญญาณภาพตาข่ายบนฟิลด์สะแกนนิ่ง

ทำได้โดยเอาเส้นแนวนอนที่ได้จากวงจรคีย์ ซึ่งเป็นพัลซ์บวก มีระยะห่างกัน 2 มิลลิวินาที นำไปผ่านวงจรกลับเฟสโดยใช้แนนด์เกท IC22b โดยป้อนเข้าขา 4,5 จะได้พัลซ์เป็นลบออกที่ขา 6 ส่งต่อไปยังขา 10 ของ IC22c ซึ่งทำหน้าที่รวมสัญญาณทางแนวนอนและแนวตั้งเข้าด้วยกันดังรูปที่ 2.19 สัญญาณภาพแนวตั้งได้จากคอลเลคเตอร์ของ Q_{10} นำไปขยายให้มีขนาดสูงขึ้นโดย

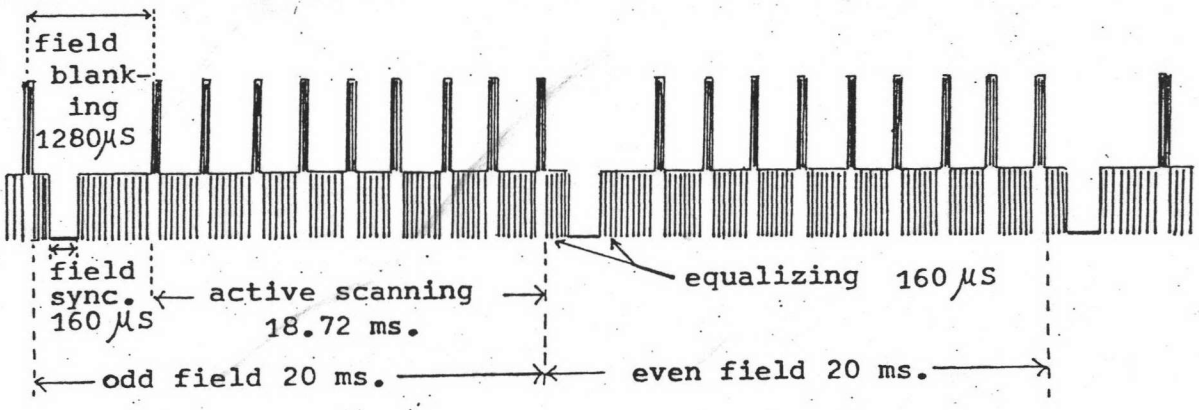


รูปที่ 2.19 วงจรการสร้างภาพตาข่าย

ใช้ Q_{11} และ Q_{12} Q_{11} ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์แอมปลิไฟเออร์ (buffer amplifier) Q_{12}ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้สูงขึ้น จากคอลเลคเตอร์ Q_{12} นำไปป้อนให้กับขา 9 ของ IC22c โดยผ่านความต้านทาน 680 โอห์ม ที่ขา 8 จะได้สัญญาณรวมระหว่างเส้นแนวนอน 9 เส้นและแนวตั้ง 13 เส้น ส่งไปยังสวิทช์เพื่อส่งไปยังภาคแบล้งคกิ้งและซิ้งค์แอคเคอร์ต่อไป

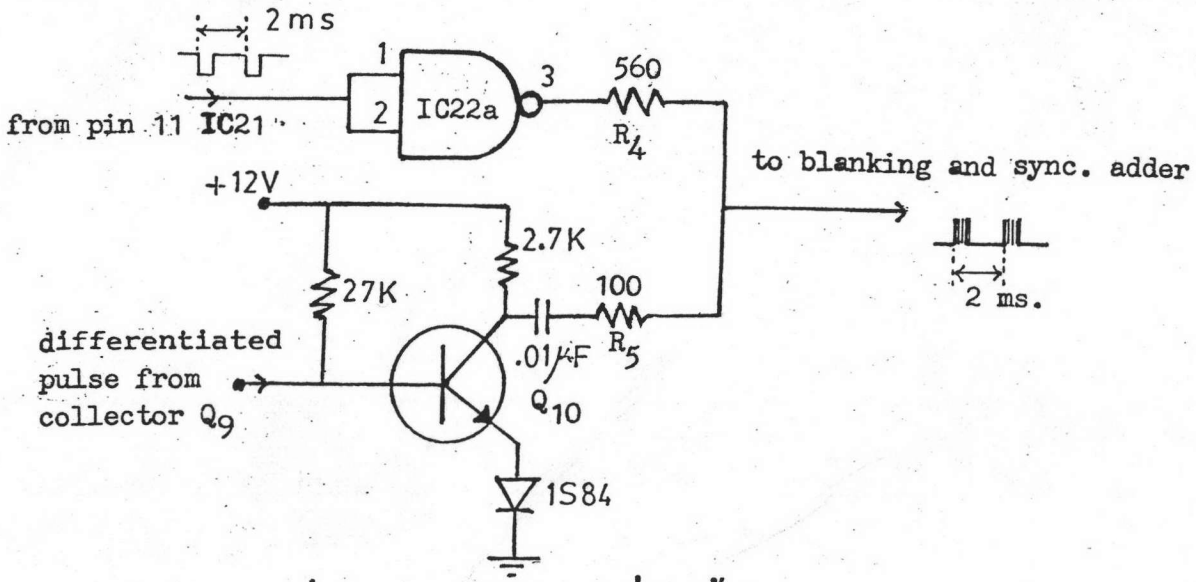
2.3.4 <u>การสร้างภาพจุด</u>

การสร้างภาพจุดทำได้โดยนำเอาพัลซ์บวกที่มีระยะห่างกัน 2 มิลลิวินาที รวมกับพัลซ์แคบ ๆ ที่มีระยะห่างกัน 4 ไมโครวินาที โดยการลดขนาดลงให้เหมาะสมจะได้สัญญาณรวมดังแสดงในรูปที่ 2.20 ในช่วงที่มองเห็นจริงทางแนวนอน 52 ไมโครวินาทีจะบรรจุด้วยสัญญาณบวก



รูปที่ 2.20 รูปร่างของสัญญาณภาพจุดบนฟิลด์สะแกนนิ่ง

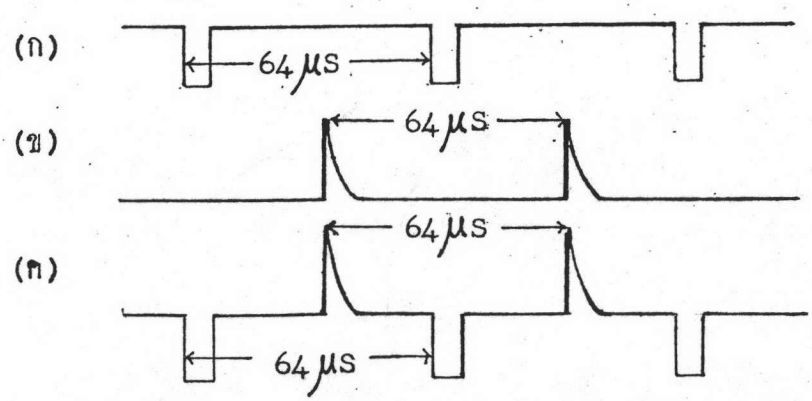
ของพัลซ์แคบ ๆ ซึ่งห่างกัน 4ไมโครวินาที ในช่วงที่มองเห็นจริงทางแนวตั้ง 1 ฟิลด์ ประมาณ 18 มิลิวินาที จะมีพัลซ์บวกระยะห่างกัน 2 มิลลิวินาที ภาพจุดที่เกิดขึ้นจะเป็นจุดตัดกันระหว่างเส้นแนวตั้ง 13 เส้นและเส้นแนวนอน 9 เส้น ดังนั้นภาพจุดในแนวตั้งจึงมี 13 แถวและภาพจุดในแนวนอน 9 แถววงจรรวมสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 2.21 IC22a ขา 3 จะได้พัลซ์บวกซึ่งมีความกว้างของพัลซ์ประมาณ 52 ไมโครวินาที แต่ละพัลซ์จะห่างกัน 2 มิลลิวินาที นำไปผ่าน R_4 ซึ่งมีค่า 560 โอห์ม รวมกับสัญญาณที่มาจากคอลเลคเตอร์ของ Q_{10} โดยผ่าน R_5 ซึ่งมีค่า 100 โอห์ม จะได้สัญญาณรวมส่งไปยังสวิทช์และภาคแบล้งคกิ้งและซิ้งค์แอคเคอร์



รูปที่ 2.21 วงจรรวมสัญญาณเพื่อทำให้เกิดภาพจุด

2.3.5 <u>การสร้างภาพกากะบาด</u>

ก่อนจะสร้างภาพกากะบาดจะต้องรู้ลักษณะของพัลซ์ที่จะสร้างขึ้นทางแนวนอนและแนวตั้งว่าจะมีรูปร่างลักษณะเป็นอย่างไร การสร้างภาพ 1 เส้นในแนวตั้งแสดงในรูปที่ 2.22 จากรูปที่ 2.22 (ก) เป็นรูปไลน์ซิ้งค์ซึ่งมีระยะห่างของพัลซ์ 64 ไมโครวินาที เราจะต้องหาพัลซ์แบบ ๆ

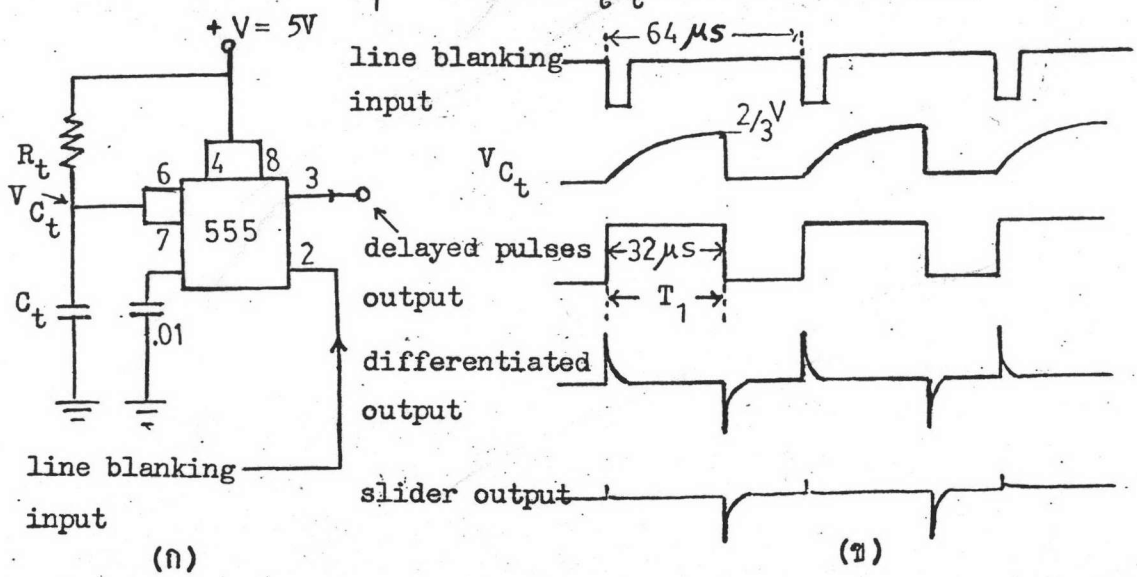


รูปที่ 2.22 การสร้างเส้นในแนวตั้งจำนวน 1 เส้น (ก) ไลน์ซิ้งค์ (ข) ดิฟเฟอเรนทิเอทเตดพัลซ์ที่เลื่อนไป (delayed differentiated pulses) (ค) ผลรวมของสัญญาณ (ก) และ (ข)

ที่มีระยะห่างกัน 64 ไมโครวินาที เช่นเดียวกันแต่ให้พัลซ์เลื่อนไปอยู่ตรงกลาง ดังแสดงในรูปที่ 2.22(ข) เมื่อรวมสัญญาณ(ก) กับ(ข) จะได้สัญญาณในรูป(ค) ถ้านำสัญญาณรูป(ค) ให้แสดงออกทางจอภาพจะเห็นภาพเป็นเส้นแนวตั้งจำนวน 1 เส้น

การสร้างพัลซ์ให้เลื่อนไปอยู่ตรงกลางทำได้โดยนำเอาพัลซ์ลบของไลน์แบล้งคกิ้งป้อนเป็นทริกเกอร์ให้กับวงจรไมโนสะเถเบิ้ลอาร์ซีไทม์เมอร์ (Monostable RC Timer) ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 555 ดังแสดงในรูปที่ 2.23(ก) ส่วนรูปที่ 2.23(ข) แสดงไทม์มิ่งของสัญญาณขาเข้าและสัญญาณขาออกจากรูป 2.23 (ก) ระยะความกว้างของพัลซ์ที่ขั้วออกขา 3 ของไอซี 555 ขึ้นกับ R_tC_t หาระยะพีเรียด T_1 ได้จากสมการ (1) (8)

$$T_1 = 1.1\ R_tC_t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$



รูปที่ 2.23 (ก) วงจรโมโนสะเถเบิ้ลอาร์ซีไทม์เมอร์

(ข) รูปร่างสัญญาณขาเข้าและขาออกที่ตำแหน่งต่าง ๆ

จากรูป 2.23(ข) ต้องการพัลซ์ที่ขั้วออกมีพีเรียด T_1 เท่ากับ 32 ไมโครวินาที ซึ่งพัลซ์ที่ได้เปรียบเสมือนเราเลื่อนไลน์แบล้งคกิ้งออกไปอีก 32 ไมโครวินาที ทำให้เทลลิ่งเอดจ์ (tailing edge) ของพัลซ์ที่ขั้วออกตกลงกึ่งกลางของไลน์แบล้งคกิ้ง เสร็จแล้วนำไปผ่านวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์เป็นพัลซ์แคบ ๆ อยู่กึ่งกลางไลน์ซิ้งค์ จากรูปที่ 2.23(ก) ออกแบบค่า R_t และ C_t ได้โดยเลือก C_t ใช้ค่า 0.01μ_F และไทม์คอนสะแต้น (time constant) T_1

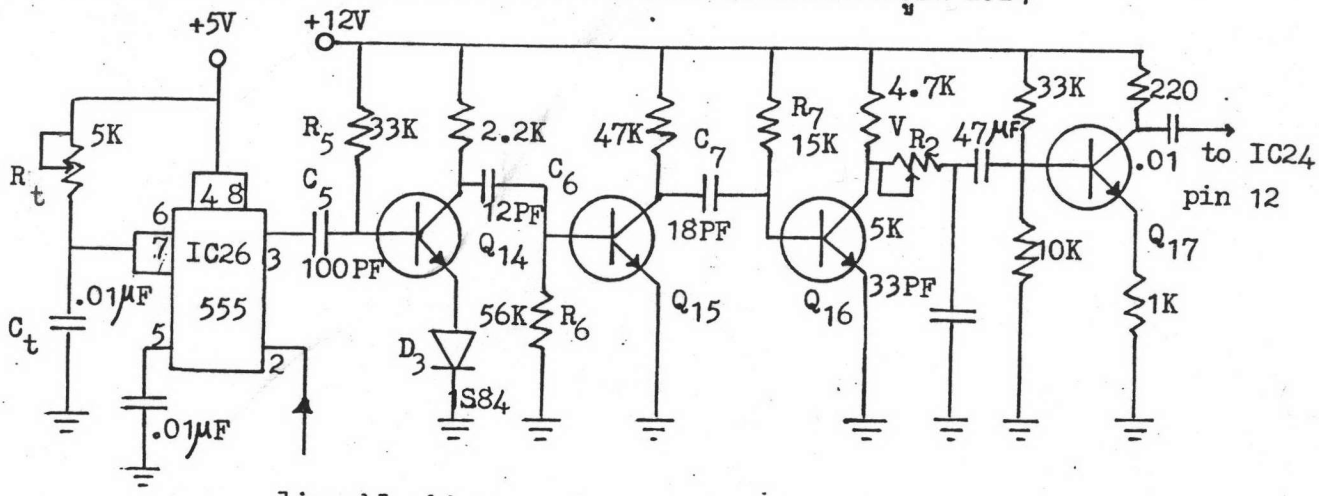
ที่ต้องการคือ 32 ไมโครวินาที หาค่า R_t ได้จากสมการ (2)

$$R_t = \frac{T_1}{1.1C_t} \quad \text{.....(2)}$$

$$R_t = \frac{32\times10^{-6}}{1.1\times0.01\times10^{-6}}$$

$$R_t = 2909 \text{ โอห์ม}$$

จึงเลือกค่า R_t มีค่า 5 กิโลโอห์มเป็นค่าความต้านทานที่ปรับค่าได้ จะได้พัลซ์ที่ขั้วออกสามารถปรับเลื่อนไปในตำแหน่งที่ต้องการได้ วงจรที่ออกแบบไว้แล้วดังแสดงในรูปที่ 2.24



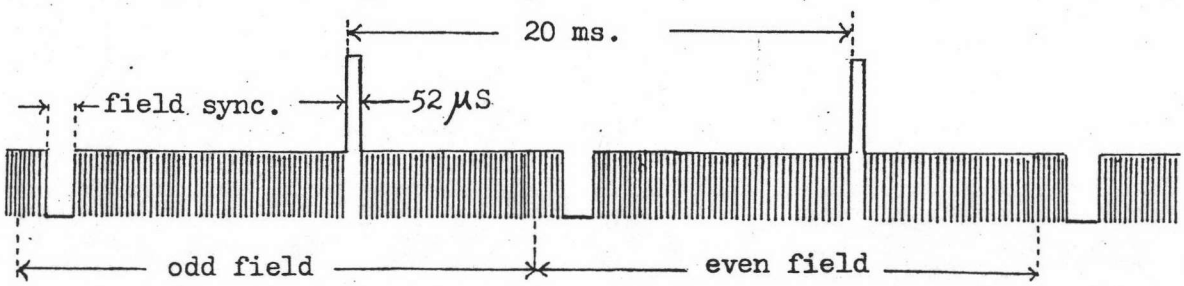
รูปที่ 2.24 วงจรโมโนสะเตเบิ้ลอาร์ซีไทม์เมอร์ที่ออกแบบไว้แล้ว
วงจรสไลเดอร์และวงจรสวิทชิ่งแอมปลิไฟเออร์

เมื่อได้สัญญาณที่ขั้วออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมมีระยะเวลาตามต้องการแล้วจึงนำไปป้อนให้กับวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเตอร์ R_5C_5 ซึ่งมีไทม์คอนสะแตนเท่ากับ 3.3 ไมโครวินาที จะได้พัลซ์แคบ ๆ ที่มีทั้งบวกและลบดังแสดงในรูปที่ 2.23(ข)

Q_{14} ออกแบบไว้เป็นวงจรสะไลเดอร์ขณะที่พัลซ์บวกป้อนเข้าที่เบสของ Q_{14} ที่อิมิทเตอร์ของ Q_{14} จะมีศักดาเป็นบวกทำให้เกิดฟอร์เวอดไบอัส (forward bias) แก่

แก่ไดโอด D_3 พัลซ์บวกจะถูกลัดวงจรลงดิน ขณะที่พัลซ์ลบป้อนเข้าที่เบสของ Q_{14} ไดโอด D_3 จะได้รับรีเวอร์ซไบอัส (reverse bias) ฉนั้นจึงได้พัลซ์บวกแคบ ๆ ออกที่คอลเลคเตอร์ของ Q_{14} นำไปผ่าน C_6R_6 ซึ่งมีไทม์คอนสะแตนเท่ากับ 0.67 ไมโครวินาทีป้อนเข้าเบสของ Q_{15} ซึ่งออกแบบไว้เป็นวงจรสวิทชิ่งแอมปลิไฟเออร์จะได้พัลซ์ลบแคบ ๆ มีขนาดสูงขึ้นนำไปผ่าน C_7R_7 ซึ่งมีไทม์คอนสะแตนเท่ากับ 0.27 ไมโครวินาทีป้อนเข้าที่เบสของ Q_{16} ซึ่งออกแบบไว้เป็นสวิทชิ่งแอมปลิไฟเออร์อีกครั้งหนึ่งที่คอลเลคเตอร์ Q_{16} จะได้พัลซ์บวกที่ขนาดสูงเพียงพอต่อกับ VR_2 ซึ่งมีค่า 5 กิโลโอห์มผ่านคาพาซิเตอร์ 47 ไมโครฟารัดเข้าเบสของ Q_{17} ซึ่งออกแบบไว้เป็นวงจรขยายสัญญาณจะได้พัลซ์ลบที่ต้องการมีระยะห่างกัน 64 ไมโครวินาที และอยู่กึ่งกลางของไลน์ซิ้งค์ดังรูปที่ 2.22(ข) สัญญาณขาออกจากคอลเลคเตอร์ของ Q_{17} จะส่งไปยังขา 12 ของ IC24 ซึ่งเป็นแนนด์เกทเบอร์ 7400 จะรวมสัญญาณ 1 เส้นทางแนวตั้งและ 1 เส้นทางแนวนอนเข้าด้วยกันเป็นรูปกากะบาดดังจะได้กล่าวต่อไป

การสร้างภาพ 1 เส้น ทางแนวนอนทำได้ในลักษณะเดียวกันกับการสร้างภาพ 1 เส้นในแนวตั้ง ต่างกันแต่ว่าพัลซ์ที่สร้างขึ้นทางแนวนอนจะแสดงออกให้เห็นบนฟิลด์สะแกนนิ่งโดยมีพัลซ์จำนวน 1 พัลซ์มีความกว้างเท่ากับ 52 ไมโครวินาทีแต่ละพัลซ์ห่างกัน 20 มิลลิวินาที จะอยู่ในช่วงกึ่งกลางของฟิลด์คี่และฟิลด์คู่ ดังแสดงในรูป 2.25 การที่จะทำสัญญาณภาพให้ได้ในลักษณะนี้ทำ



รูปที่ 2.25 คอมโพสิทวิดีโอซิกแนลของภาพ 1 เส้นทางแนวนอน

ทำได้โดยเอาฟิลด์แบล้งค์กิ้งซึ่งมีความถี่ 50 เฮิทซ์ จากแหล่งกำเนิดสัญญาณซิ้งค์ (sync. generator) ป้อนให้กับวงจรโมโนสะเตเบิ้ลอาร์ซีไทม์เมอร์ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 555 ต่อวงจรดังรูป 2.23 ที่ขา 2 ของไอซี 555 ป้อนด้วยฟิลด์แบล้งค์กิ้งที่ขา 3 จะให้สัญญาณขาออกเป็นรูปสี่เหลี่ยม

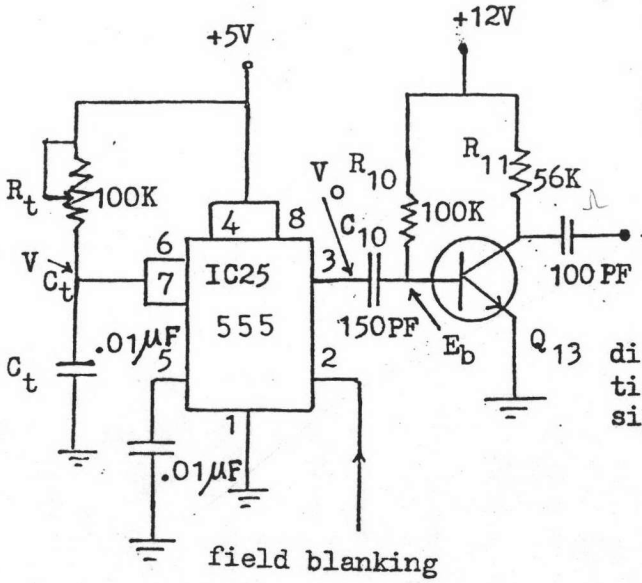
มีความกว้างของพัลซ์ T_2 เท่ากับ 10 มิลลิวินาที ดังแสดงในรูปที่ 2.26(ข) การออกแบบวงจรเลือกค่า C_t เท่ากับ 0.1 ไมโครฟารัด R_t หาได้จากสมการ (3)

$$R_t = \frac{T_2}{0.11C_t} \qquad \text{.....(3)}$$

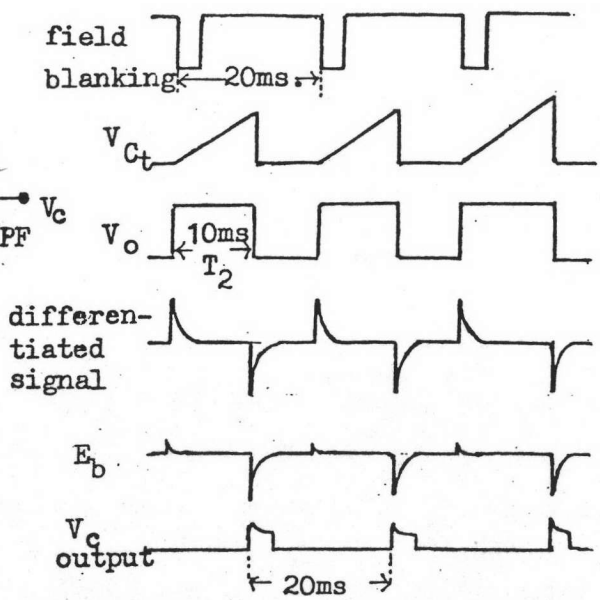
$$R_t = \frac{10 \times 10^{-3}}{0.11 \times 0.1 \times 10^{-6}}$$

$$R_t = 90.9 \quad \text{กิโลโอห์ม}$$

เลือกค่า R_t เท่ากับ 100 กิโลโอห์มใช้แบบปรับค่าได้ (variable resistor) รูปเกือกม้า เมื่อปรับ R_t จะทำให้ความกว้างของพัลซ์ทางขั้วออกเปลี่ยนแปลงนำเอาสัญญาณขาออกที่ได้จากขา 3 ป้อนให้กับวงจรดิฟเฟอเรนทิเอเทอร์ $R_{10}C_{10}$ ดังรูปที่ 2.26(ก) ได้ค่า

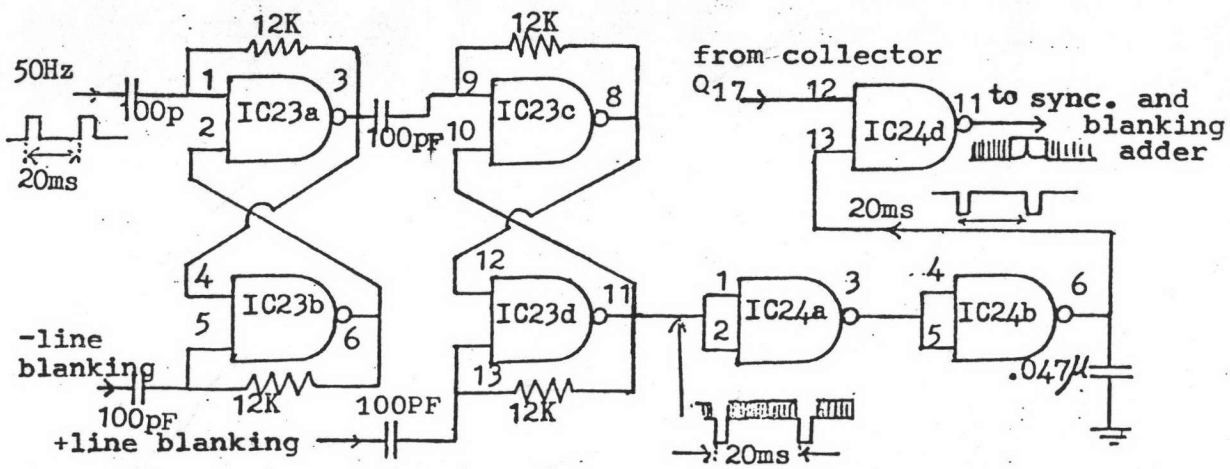


รูปที่ 2.26(ก) วงจรโมโนสะเถเบิ้ล อาร์ซีไทม์เมอร์



รูปที่ 2.26(ข) รูปร่างของสัญญาณตามจุดต่าง ๆ

ไทม์คอนสะแต้น เท่ากับ 15 ไมโครวินาที Q_{13} ออกแบบไว้ให้ออนตลอดเวลา เว้นแต่เมื่อมีพัลซ์ลบเข้ามาจึงจะทำให้ Q_{13} ออฟได้ ที่เบสของ Q_{13} จะมีดีฟเฟอเรนทิเอทเตดพัลซ์เข้ามา พัลซ์บวกจะถูกบายพาส (by pass) ลงดินโดยฟอร์เวอดไบอัสของอิมิทเตอร์–เบส เฉพาะพัลซ์ลบจะทำให้ Q_{13} ออฟจะได้พัลซ์บวกที่คอลเลกเตอร์ ดังแสดงรูปร่างของสัญญาณต่าง ๆ ในรูปที่ 2.26(ข) พัลซ์บวกนี้จะมีระยะห่างกัน 20 มิลลิวินาที มีระยะเวลาเลื่อนไปจากสัญญาณขาเข้า 10 มิลลิวินาที นำพัลซ์เหล่านี้ไปป้อนให้กับวงจรดีย์เพื่อให้ได้สัญญาณขาออกที่เหมาะสมมีความกว้างของพัลซ์ประมาณ 52 ไมโครวินาที ลักษณะของวงจรดีย์ดังแสดงในรูปที่ 2.27 การทำงานเหมือนกับ



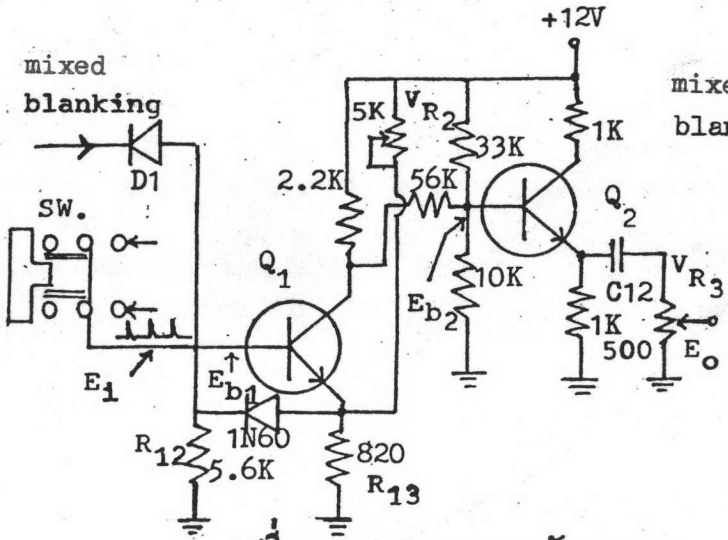
รูปที่ 2.27 วงจรดีย์สัญญาณทางแนวนอนและวงจรรวมสัญญาณทางแนวนอนและแนวตั้ง

วงจรที่ได้อธิบายไว้ในรูปที่ 2.17 ต่างกันเพียงแต่สัญญาณขาเข้าที่ขา 1 จะป้อนด้วยความถี่ 50 เฮิทซ์หรือพัลซ์ที่มีระยะห่างกัน 20 มิลลิวินาที ที่ขา 5 และขา 13 จะป้อนด้วยไลน์แบล้งค์กิ้งแบบขั้วบวกและขั้วลบตามลำดับสัญญาณขาออกที่ได้จากขา 11 จะนำไปป้อนให้กับวงจรกลับขั้วโดยใช้แนนด์เกท IC24a ขา 1,2 ต่อร่วมกัน สัญญาณขาออกที่ขา 3 จะได้พัลซ์บวก 50 เฮิทซ์ แล้วส่งต่อไปยังขา 4, 5 ของ IC24b กลับขั้วอีกครั้งหนึ่งจะได้สัญญาณขาออกที่ขา 6 เป็นพัลซ์ลบ นำไปป้อนให้กับแนนด์เกท IC24d ที่ขา 13 ส่วนขา 12 ป้อนด้วยพัลซ์ลบซึ่งมาจากคอลเลกเตอร์ของ Q_{17} IC24d จึงเป็นการรวมสัญญาณ 1 เส้นทางแนวตั้งและสัญญาณ 1 เส้นทางแนวนอนเข้าด้วยกัน เป็นสัญญาณภาพกากะบาด สัญญาณขาออกที่ขา 11 จะถูกส่งไปยังสวิทซ์และส่ง

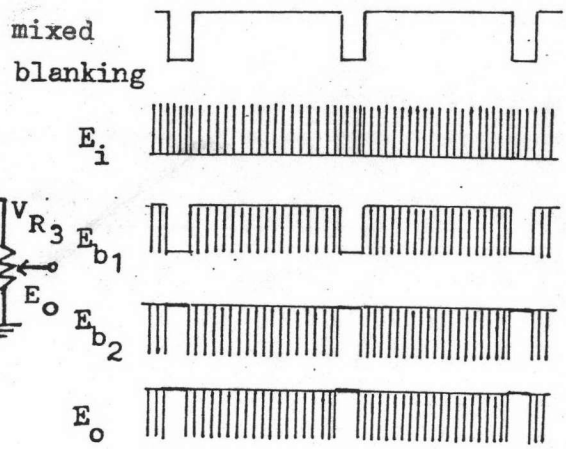
ไปยังภาคแบล้งคกิ๊งและซิ้งค์แอคเคอร์ต่อไป

2.4 แหล่งรวมสัญญาณภาพเข้ากับแบล้งคกิ๊งและซิ้งค์

สัญญาณภาพชนิดต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วจำนวน 5 ภาพ สัญญาณภาพเหล่านี้ยังไม่เป็น



รูปที่ 2.28(ก) วงจรรวมสัญญาณภาพเข้ากับสัญญาณแบล้งคกิ๊ง

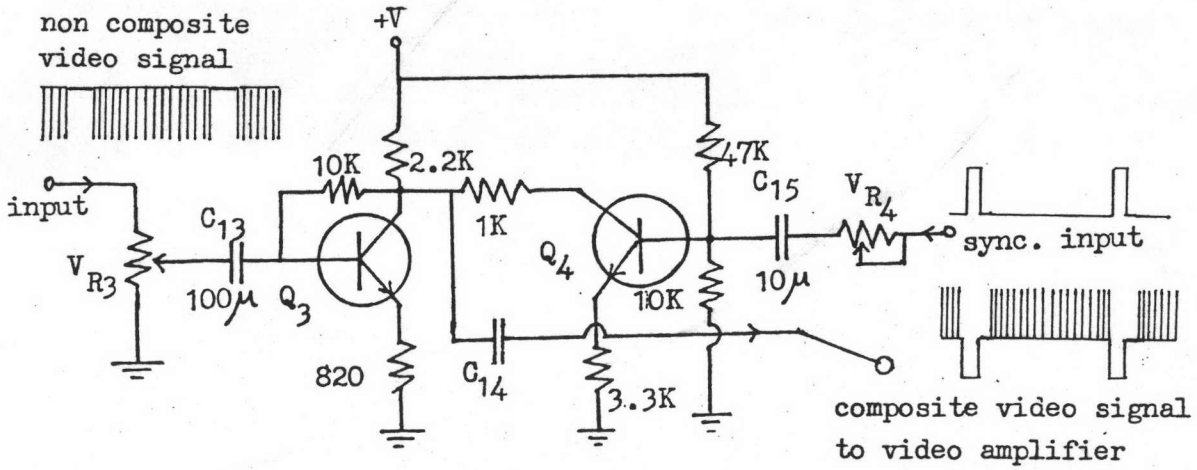


รูปที่ 2.28(ข) รูปร่างของสัญญาณตามจุดต่าง ๆ

สัญญาณภาพที่สมบูรณ์ จำเป็นจะต้องนำมาป้อนเข้ากับวงจรรวมสัญญาณแบล้งคกิ๊งและซิ้งค์เพื่อทำให้ได้สัญญาณภาพที่สมบูรณ์ที่เรียกว่า "คอมโพสิทวิดีโอซิกแนล" ที่ออกแบบไว้ดังแสดงในรูปที่ 2.28(ก) เป็นวงจรรวมสัญญาณภาพเข้ากับสัญญาณแบล้งคกิ๊ง

สัญญาณภาพแต่ละภาพจะผ่านสวิทช์เลือกสัญญาณทางสายร่วม (common wire) ส่งไปยังเบสของ Q_1 ซึ่งทำหน้าที่รวมสัญญาณภาพกับสัญญาณแบล้งคกิ๊งที่ส่งมาจากแหล่งกำเนิดสัญญาณซิ้งค์มีลักษณะเป็นพัลซ์ลบที่มีทั้งไลน์แบล้งคกิ๊ง เมื่อรวมกับสัญญาณภาพแล้วจะได้สัญญาณภาพแบบนันคอมโพสิทวิดีโอซิกแนล (noncomposite video signal) คือมีสัญญาณภาพกับแบล้งคกิ๊งเท่านั้นยังไม่มีสัญญาณซิ้งค์ สัญญาณขาออกของสัญญาณภาพจะได้จากคอลเลคเตอร์ของ Q_1 มีลักษณะคือแบล้งคกิ๊งพัลซ์เป็นบวก ส่วนสัญญาณภาพเป็นลบ V_{R_2} จากรูปที่ 2.28(ก) ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมไบอัสให้กับเบสของ Q_1 สามารถเพิ่มหรือลดอัตราการขยายของ Q_1 ได้และใช้เป็นตัวควบคุมของสัญญาณภาพจุด Q_2 ออกแบบไว้เป็นบัฟเฟอร์แอมปลิไฟเออร์ (buffer amplifier)

มีไว้เมื่อต่อโหลด (load) จะไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของ Q_1 วงจรต่อไว้ในรูปของอิมิทเตอร์ฟอลโลเวอร์ (emitter follower) โดยคัปปลิ้ง (coupling) ผ่าน C_{12} และ V_{R_3} ซึ่ง V_{R_3} จะเป็นตัวปรับขนาดของสัญญาณภาพที่ส่งเข้าไปรวมกับสัญญาณซิ้งค์ ภาพที่แสดงในรูปที่ 2.28(ข) แสดงรูปร่างของสัญญาณตามจุดต่าง ๆ ของ Q_1 และ Q_2 ขณะที่สวิทช์กดอยู่ในตำแหน่งภาพเส้นแนวตั้ง สัญญาณภาพจะถูกส่งเข้ารวมกับวงจรซิ้งค์ ดังแสดงในรูปที่ 2.29 ใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว คือ Q_3 และ Q_4 ต่อคอลเลคเตอร์รวมกันกระแสคอลเลคเตอร์



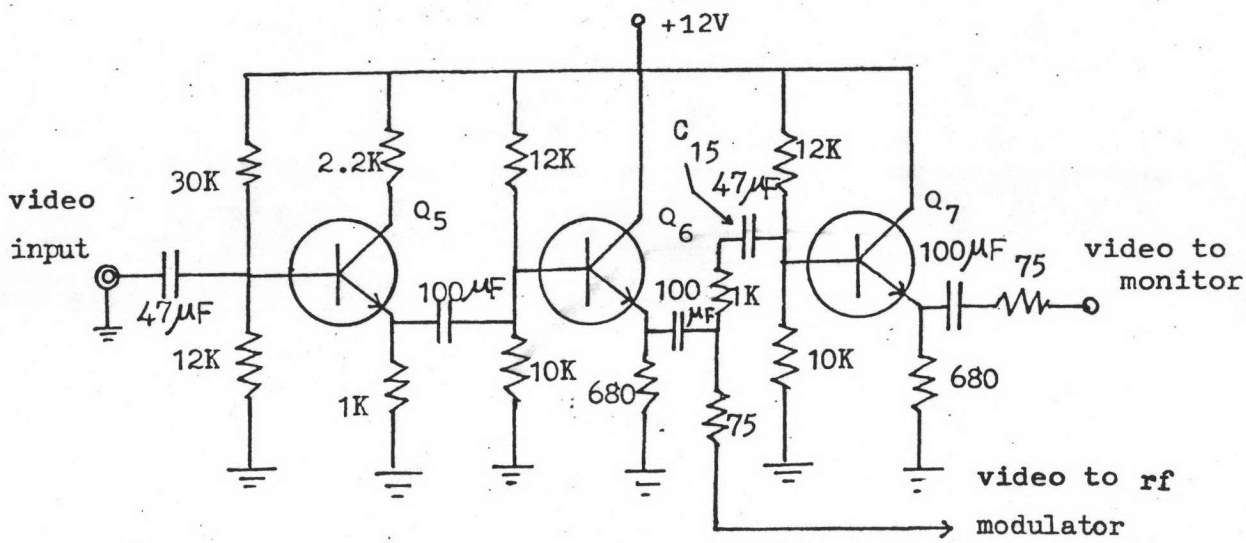
รูปที่ 2.29 วงจรรวมสัญญาณภาพเข้ากับสัญญาณซิ้งค์

ของ Q_3 และ Q_4 จะเป็นที่รวมสัญญาณที่เข้ามายังเบสของ Q_3 และเบสของ Q_4 ที่คอลเลคเตอร์ของ Q_3 จะเป็นสัญญาณภาพกลับเฟสจากสัญญาณที่เข้าเบส คือมีสัญญาณภาพเป็นบวก และสัญญาณแบล้งค์กิ้งเป็นลบ ที่คอลเลคเตอร์ของ Q_4 จะให้สัญญาณซิ้งค์เป็นลบเนื่องจากเราป้อนสัญญาณซิ้งค์แบบบวกเข้าที่เบสของ Q_4 โดยผ่าน V_{R_4} และ C_{15} สำหรับ V_{R_4} มีไว้เพื่อปรับขนาดของสัญญาณซิ้งค์ ที่คอลเลคเตอร์ของ Q_3 และ Q_4 จะเป็นการรวมสัญญาณภาพที่มีขั้วบวกเข้ากับสัญญาณซิ้งค์ที่มีขั้วลบ จะได้สัญญาณรวมเป็นสัญญาณคอมโพสิทวีดีโอซิกแนลเพื่อส่งไปยังภาคขยายสัญญาณภาพโดยผ่านคัปปลิ้งคาพาซิเตอร์ C_{14}

2.5 วงจรขยายสัญญาณภาพ

สัญญาณคอมโพสิทวีดีโอซิกแนล ก่อนที่จะนำไปป้อนให้กับวงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

(rf modulator) และวิดีโอมอนิเตอร์ (video monitor) ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ขาเข้า (input impedance) ต่ำเพียง 75 โอห์ม จึงจำต้องนำเอาสัญญาณภาพผ่านวงจรขยายกระแส (current amplifier) โดยใช้ต่อในรูปวงจรอิมิทเตอร์ฟอลโลเวอร์ ดังแสดงในรูปที่ 2.30 (14)

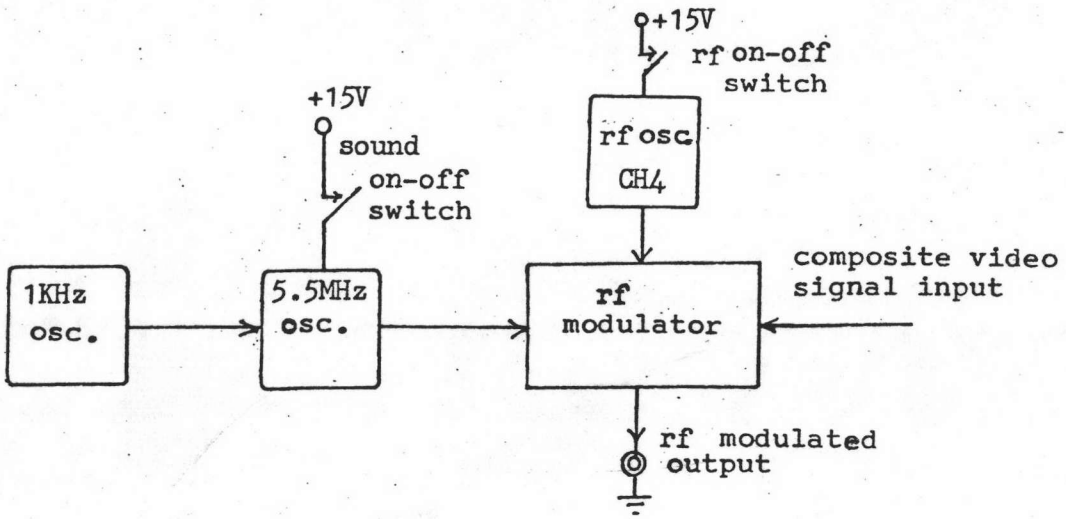


รูปที่ 2.30 วงจรขยายสัญญาณภาพ

จากวงจร Q_5 ออกแบบไว้เป็นวงจรบัฟเฟอร์แอมปลิไฟเออร์ ขั้วสัญญาณขาออกจะอยู่ที่อิมิทเตอร์ ส่งไปยังเบสของ Q_6 ซึ่งออกแบบไว้เป็นวงจรอิมิทเตอร์ฟอลโลเวอร์ เพื่อป้อนให้กับโหลด 75 โอห์ม ที่ภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ และส่วนหนึ่งของขั้วสัญญาณขาออกจะต่อผ่านความต้านทาน 1 กิโลโอห์ม ผ่าน C_{15} ไปยังเบสของ Q_7 ซึ่งออกแบบเป็นอิมิทเตอร์ฟอลโลเวอร์เช่นกัน สำหรับส่งไปป้อนให้กับวิดีโอมอนิเตอร์ ซึ่งมีอิมพีแดนซ์ขาเข้า 75 โอห์ม

2.6 แหล่งรวมสัญญาณภาพและเสียงเข้ากับภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

ภาคนี้มีแผนภาพรูปแท่งดังแสดงในรูปที่ 2.31 เริ่มด้วยการสร้างความถี่ย่านความถี่เสียง 1 กิโลเฮิทซ์ นำไปป้อนให้กับภาคออซซิลเลเตอร์ความถี่ 5.5 เมกกะเฮิทซ์ซึ่งเป็นคลื่นพาห์เสียง ส่งต่อไปยังด้านหนึ่งของภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์อีกด้านหนึ่งของภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์จะป้อนด้วยสัญญาณภาพที่ส่งมาจากภาคขยายภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์จะผลิตอาร์เอฟออซซิลเลเตอร์ขึ้นมาที่ความถี่ 62.25 เมกกะเฮิทซ์ซึ่งตรงกับความถี่ภาพช่อง 4 เมื่อรวมกับคลื่นพาห์เสียงความถี่

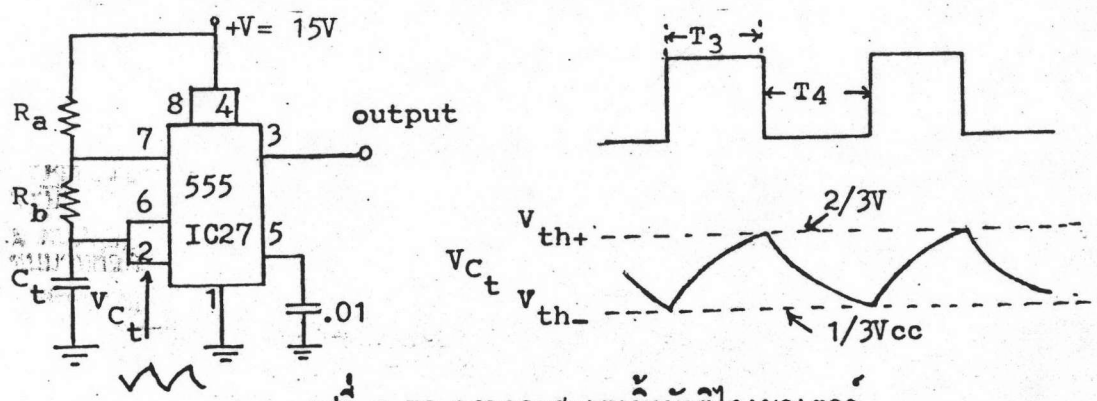


รูปที่ 2.31 แผนภาพรูปแท่งของภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

5.5 เมกกะเฮิทซ์ ที่มอดูเลทด้วยความถี่เสียง 1 กิโลเฮิทซ์แล้วจะได้ความถี่เป็น 67.25 เมก-กะเฮิทซ์ซึ่งจะตรงกับความถี่คลื่นพาห์เสียงของช่อง 4 เมื่อนำอาร์เอฟขาออกป้อนให้กับเครื่องรับโทรทัศน์ซึ่งปรับไว้ที่ช่อง 4 จะรับทั้งภาพและเสียง ที่ภาคออสซิลเลเตอร์ความถี่ 5.5 เมกกะเฮิทซ์ และภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์สามารถจะบังคับให้ทำงานหรือหยุดทำงานได้โดยใช้สวิทซ์ ออน – ออฟ ตัดไฟที่ส่งไปเลี้ยงของแต่ละภาค

2.6.1 <u>วิธีสร้างความถี่ 1 กิโลเฮิทซ์</u>

การสร้างความถี่ 1 กิโลเฮิทซ์สร้างได้โดยใช้ไอซีเบอร์ 555 ต่อกันเป็นรูปวงจร



รูปที่ 2.32 วงจรอะสะเทเบิ้ลมัลติไวเบรเทอร์

อะสะเถเบิ้ลมัลติไวเบร์เทอร์ (astable multivibrator) ดังแสดงในรูปที่ 2.32
การออกแบบวงจร อะสะเถเบิ้ลมัลติไวเบร์เทอร์โดยใช้ไอซีเบอร์ 555

ต้องการความถี่	1	กิโลเฮิทซ์
นั่นคือพีเรียดเท่ากับ	1	มิลลิวินาที
ต้องการดิวตี้ไซเคิ้ล (duty cycle) $T_3=T_4$ = 0.5		มิลลิวินาที
จากรูปที่ 2.32 เลือกค่า C_t เท่ากับ	0.1	ไมโครฟารัด
ค่า R_a เลือกค่าต่ำสุด	1	กิโลโอห์ม

ค่า R_b หาได้จากสมการ (4)[8]

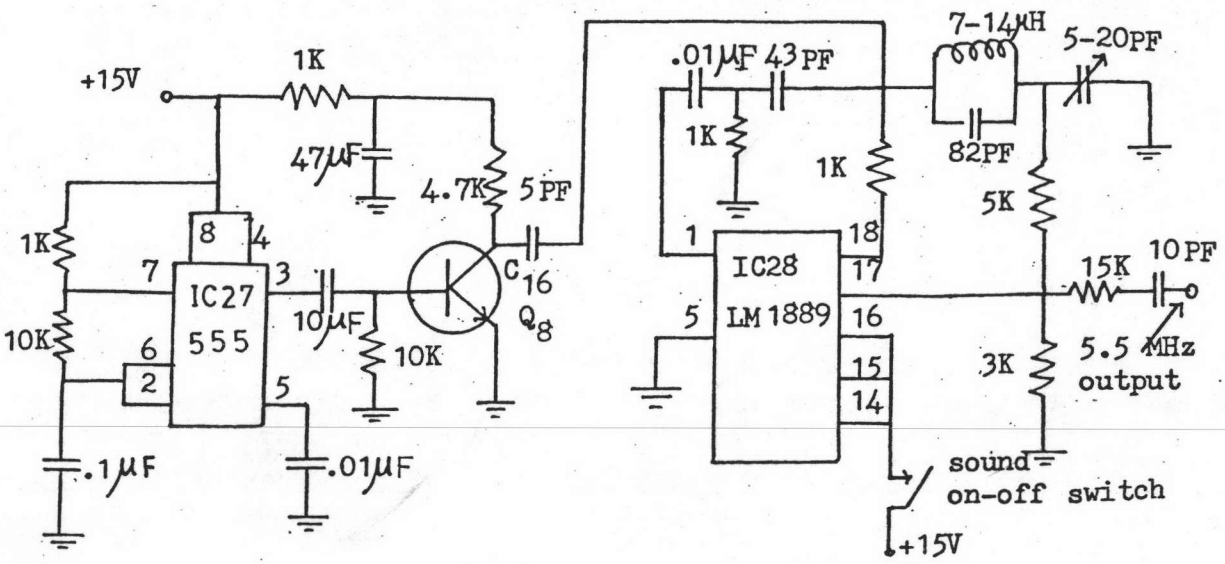
$$R_b = \frac{T_3}{0.693\ C_t} \quad \text{.....(4)}$$

แทนค่า C_t และ T_3 ในสมการ (4) ได้

$$R_b = \frac{0.5 \times 10^{-3}}{0.693 \times 0.1 \times 10^{-6}}$$

$$R_b = 7215 \quad \text{โอห์ม}$$

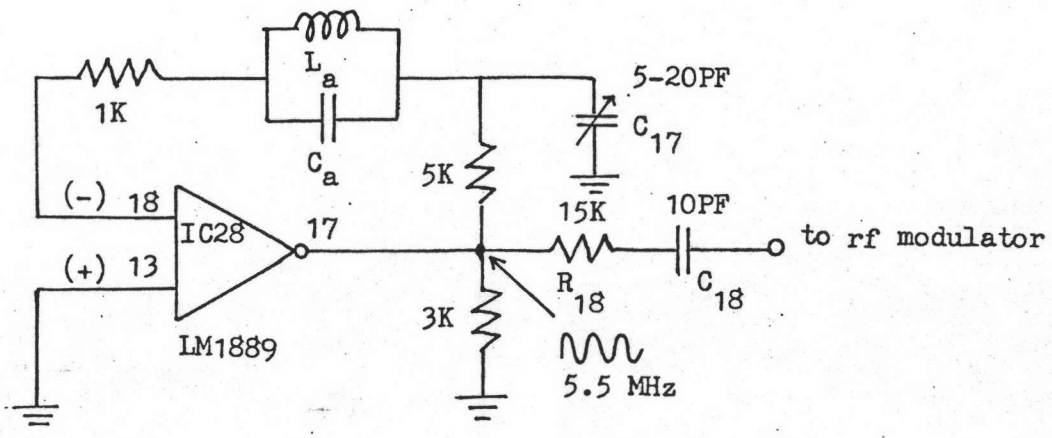
ฉนั้นจึงเลือกค่า R_b โดยใช้ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้รูปเกือกม้าค่า 10 กิโลโอห์ม เมื่อได้ค่า R_a, R_b และ C_t แล้วนำค่าต่าง ๆ มาต่อเป็นวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.33 ความถี่ 1 กิโลเฮิทซ์ที่ได้จากขา 3 ของ IC27 นำไปป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ Q_8 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวสวิทช์ C_{16} ลงดินด้วยอัตรา 1 กิโลเฮิทซ์ C_{16} นี้จะต่ออยู่กับวงจรแท็งค์ (tank circuit) ซึ่งจูน (tune) ที่ความถี่ 5.5 เมกกะเฮิทซ์เป็นผลให้วงจรแท็งค์นี้จะเปลี่ยนความถี่ไปประมาณ 25 กิโลเฮิทซ์จากความถี่ 5.5 เมกกะเฮิทซ์[9] จึงทำให้เกิดเสียงที่ความถี่ 1 กิโลเฮิทซ์ ตามอัตราความเร็วของการสวิทช์ของ Q_8 วิธีการนี้เป็นการมอดูเลทแบบเอฟเอมอย่างง่าย ๆ



รูปที่ 2.33 วงจรออซซิลเลเตอร์ความถี่ 1 กิโลเฮิรซ์ต่อร่วมกับ
วงจรออซซิลเลเตอร์ 5.5 เมกกะเฮิรซ์

2.6.2 วิธีสร้างความถี่ 5.5 เมกกะเฮิรซ์

การสร้างออซซิลเลเตอร์ความถี่ 5.5 เมกกะเฮิรซ์ทำได้โดยใช้ไอซีเบอร์ LM1889 ต่อไว้ในลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.33 ส่วนสำคัญภายในของไอซีเบอร์นี้แสดงในรูปที่ 2.34 วงจร

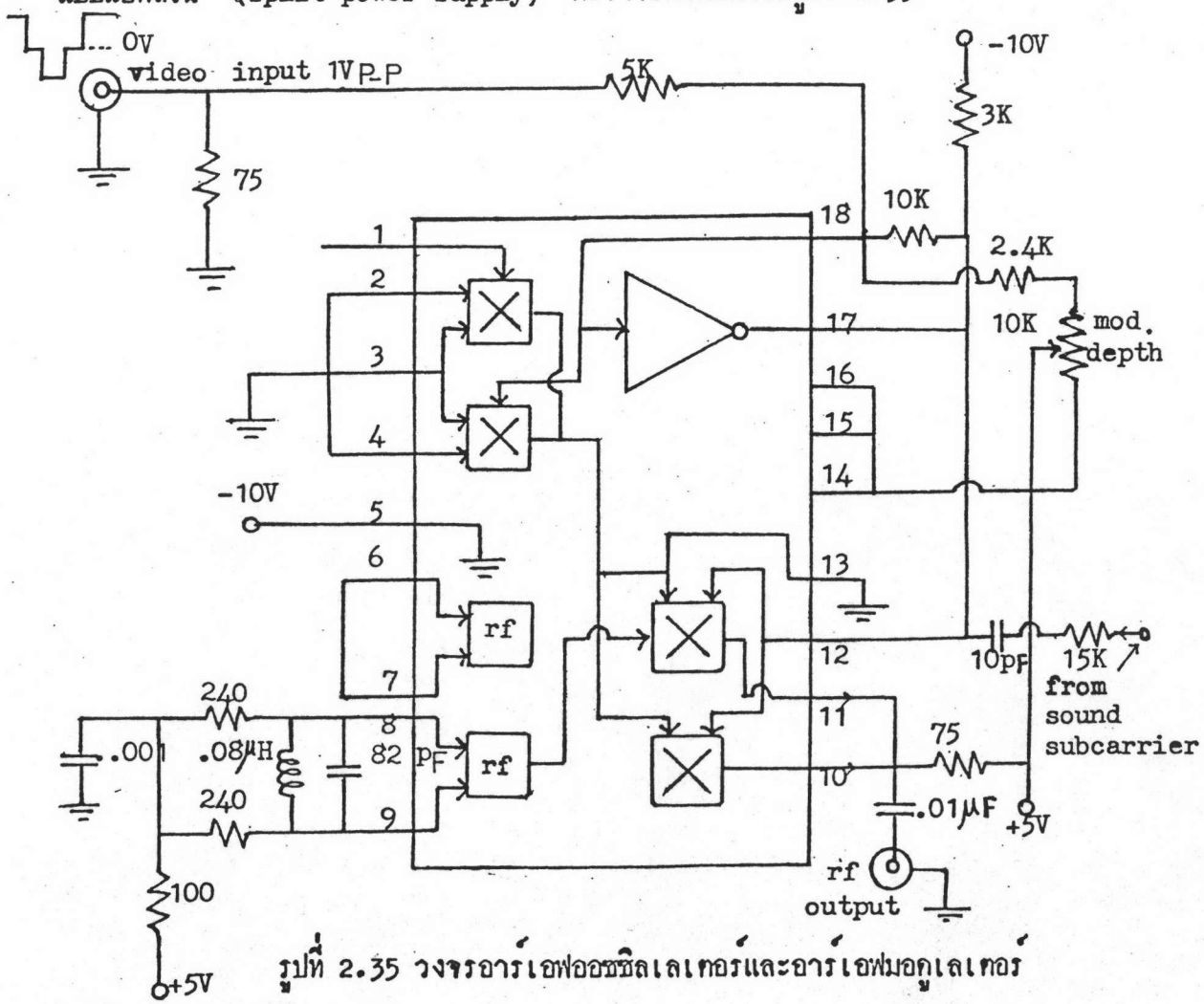


รูปที่ 2.34 วงจรภายในส่วนหนึ่งของไอซีเบอร์ LM 1889

นี้ประกอบด้วยอินเวอร์ติ้งแอมปลิไฟเออร์ (inverting amplifier) 1 ชุด ขั้วสัญญาณขาออกขา 17 มีเฟสตามหลังสัญญาณขาเข้าที่ขา 18 เป็นมุม 180 องศา การที่จะทำให้เกิดการออสซิลเลทได้จะต้องทำให้สัญญาณป้อนกลับ (feed back signal) จากขา 17 ไปยังขา 18 โดยทำให้เกิดเฟสตามหลังไปอีก 180 องศารวมเป็นเฟสตามหลังทั้งหมด 360 องศา จึงจะออสซิเลทได้ ซึ่งทำได้โดยการต่อ RC ภายนอกร่วมกับวงจรแท็งค์ $L_a C_a$ จูนที่ความถี่ 5.5 เมกกะเฮิทซ์ สัญญาณขาออกได้จากขา 17 ซึ่งเป็นไซน์เวฟ (sine wave) มีความถี่ 5.5 เมกกะเฮิทซ์ มีขนาด $5v_{p-p}$ ผ่าน R_{18} และ C_{18} เพื่อส่งไปยังภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

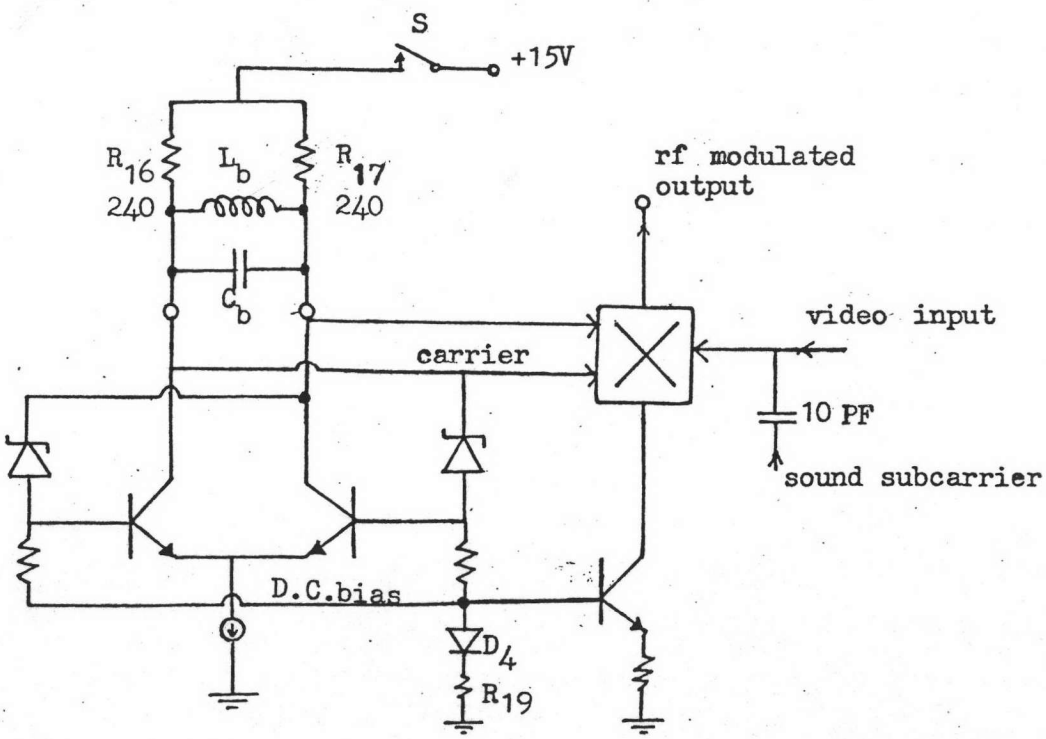
2.6.3 <u>วิธีสร้างอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์และอาร์เอฟมอดูเลเตอร์</u>

การสร้างทำได้โดยนำเอาไอซีเบอร์ LM1889 (11) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟแบบแยกส่วน (split power supply) ต่อวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.35



รูปที่ 2.35 วงจรอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์และอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

วงจรนี้สามารถทำเป็นวงจรอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์และอาร์เอฟมอดูเลเตอร์โดยใช้ไอซีเพียงตัวเดียว โดยป้อนสัญญาณภาพมาตรฐานขนาด 1 V_{p-p} เข้าขา 18 สัญญาณภาพจะถูกขยายแล้วส่งไปยังภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ที่ขา 12 ในภาคมอดูเลเตอร์ จะตั้งระดับไฟตรง (D.C. reference) ที่ 0 โวลท์ที่ขา 13 ความลึกในการมอดูเลท (modulation depth) ปรับได้โดยการปรับออฟเซ็ทเคอเรนท์ (offset current)[16] ที่ป้อนเข้าขา 18 ส่วนภาคอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์ไอซีเบอร์นี้ออกแบบไว้สามารถทำความถี่อาร์เอฟได้ 2 ช่อง แต่เพื่อเป็นการประหยัดจึงออกแบบอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์เพียงช่องเดียวโดยการต่อวงจรแท็งค์ให้ออสซิลเลทที่ความถี่ 62.25 เมกกะเฮิทซ์ ต่อเข้าที่ขา 8,9 ส่วนอีกช่องหนึ่งไม่ได้ใช้จึงต่อถึงกันด้วยสายไฟที่ขา 6, 7 วงจรภายในของอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์แต่ละช่องแสดงในรูปที่ 2.36 วงจรนี้เป็น

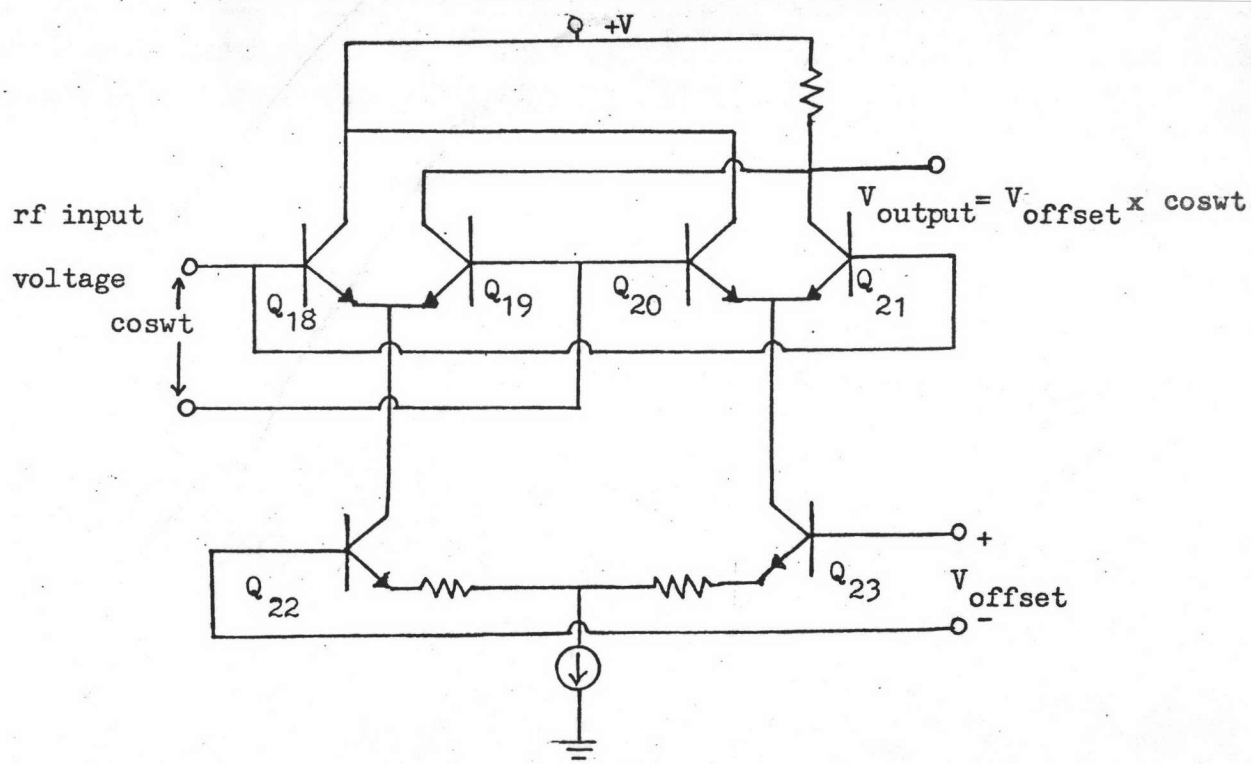


รูปที่ 2.36 วงจรอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์

วงจรดีฟเฟอเรนเชียลออสซิลเลเตอร์เมื่อสวิทซ์ S ปิดไฟตรง +15V จะต่อเข้าวงจรแท็งค์ L_bC_b โดยผ่าน R_{16} และ R_{17} กระแสจะไหลผ่านเลเวลชิฟท์ซีเนอร์ไดโอด[9] (level-shift zener diode) โดยผ่านทางร่วมกับไดโอด-รีซีสเตอร์เนทเวอร์ก (diode resistor

network) D_4 R_{19} ลงดินและจะเป็นแหล่งจ่ายกระแส (current souce) ส่งให้กับอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ด้วยการต่อในลักษณะนี้เมื่อสวิทช์อาเอฟออซซิเลเตอร์เปิด ไม่เพียงแต่จะตัดคลื่นพาห์ (carrier) ที่ป้อนให้กับอาร์เอฟมอดูเลเตอร์เท่านั้นแต่จะเป็นการตัดกระแสขาออก (output current) ของภาคอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ด้วย

วงจรอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ใช้ส่วนหนึ่งของไอซีเบอร์ LM1889 ในส่วนที่เป็นบาลานซ์มอดูเลเตอร์ (balance modutator) ดังแสดงในรูปที่ 2.37 เป็นหลักการอย่างง่าย ๆ ของวงจรบาลานซ์มอดูเลเตอร์หรือวงจรคูณสัญญาณ โดยทั่วไปแล้วเอาท์พุทโวลท์เทจ (output voltage)



รูปที่ 2.37 วงจรบาลานซ์มอดูเลเตอร์หรือวงจรคูณสัญญาณ (multiplier)

จะเป็นการคูณกันระหว่างอาร์เอฟอินพุทโวลท์เทจ (rf input voltage) กับออฟเซทโวลท์เทจ[16] (offset voltage) ถ้าอาร์เอฟอินพุทโวลท์เทจป้อนด้วย coswt จะได้ V_{output} ดังสมการ (4)[9]

$$V_{output} = A\ V_{offset} \times \cos wt \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4)$$

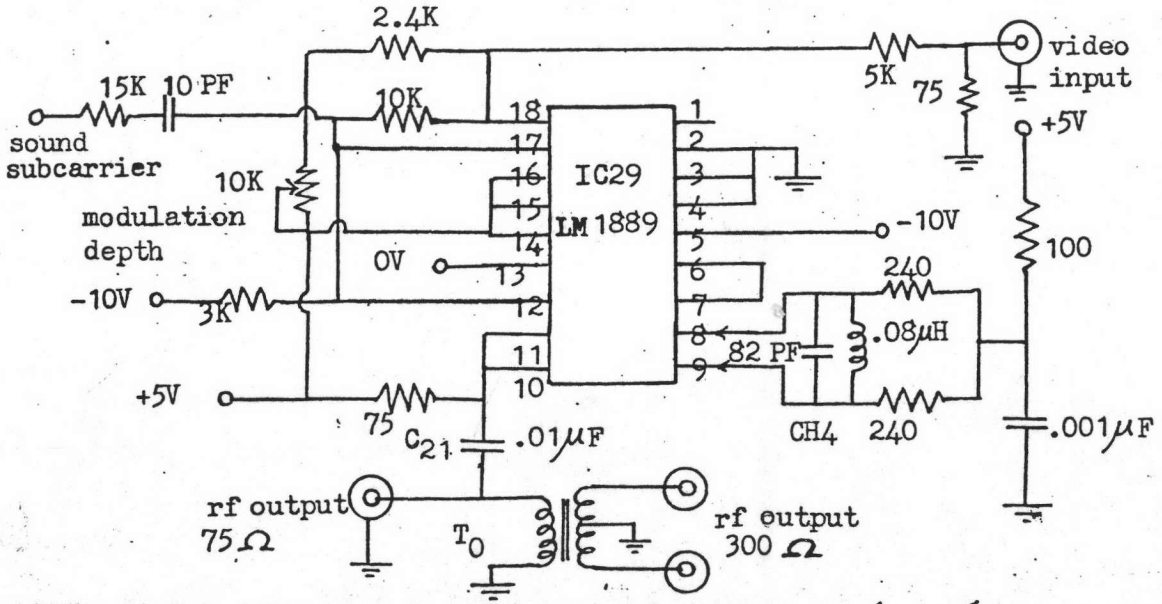
ในที่นี้ A คือ มอดูเลเตอร์คอนเวอร์ชั่นเกน (modulator conversion gain) โดยทั่วไป V_{offset} จะประกอบด้วยระดับดีซี (D.C.) ค่า K และมอดูเลติ้งซิกแนล (modulating signal) $f_m(t)$

นั่นคือ $V_{offset} = K + f_m(t)$

ฉนั้นสมการ (4) สามารถเขียนได้

$$V_{output} = AK\cos\omega t + Af_m(t)\cos\omega t \quad \ldots\ldots\ldots (5)$$

$AK\cos\omega t$ คือ คลื่นพาห์ (carrier) ส่วน $Af_m(t)\cos\omega t$ คือไซด์แบนด์ (side band) จากสมการ (5) ถ้าต้องการใช้เป็นบาลานซ์มอดูเลเตอร์ต้องปรับทรานซิสเตอร์ Q_{22} Q_{23} ให้อยู่ในภาวะสมดุลย์ (balance) คือค่า K=0 จะมีแต่ไซด์แบนด์ออกทางเอาท์พุท แต่ถ้าทำเป็น คลื่นพาห์ (carrier) จะต้องทำให้ทรานซิสเตอร์ Q_{22}, Q_{23} ทำงานแบบออฟเซท สำหรับสัญญาณเสียงจะรวมกับสัญญาณภาพโดยผ่านความต้านทาน 15 กิโลโอห์ม และคาพาซิเตอร์ 10 พิโคฟารัดต่อไปยังขา 12 ดังแสดงในรูปที่ 2.38 สัญญาณอาร์เอฟขาออก



รูปที่ 2.38 วงจรสมบูรณ์ของอาร์เอฟออสซิลเลเตอร์และอาร์เอฟมอดูเลเตอร์

จะได้จากขา 10, 11 ซึ่งต่อร่วมกันผ่าน C_{21} ต่อไปยังบาลันทรานสฟอเมอร์ (balun transformer) T_0 ซึ่งจุดนี้จะให้อิมพีแดนซ์ 75 โอห์มไว้สำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีภาค

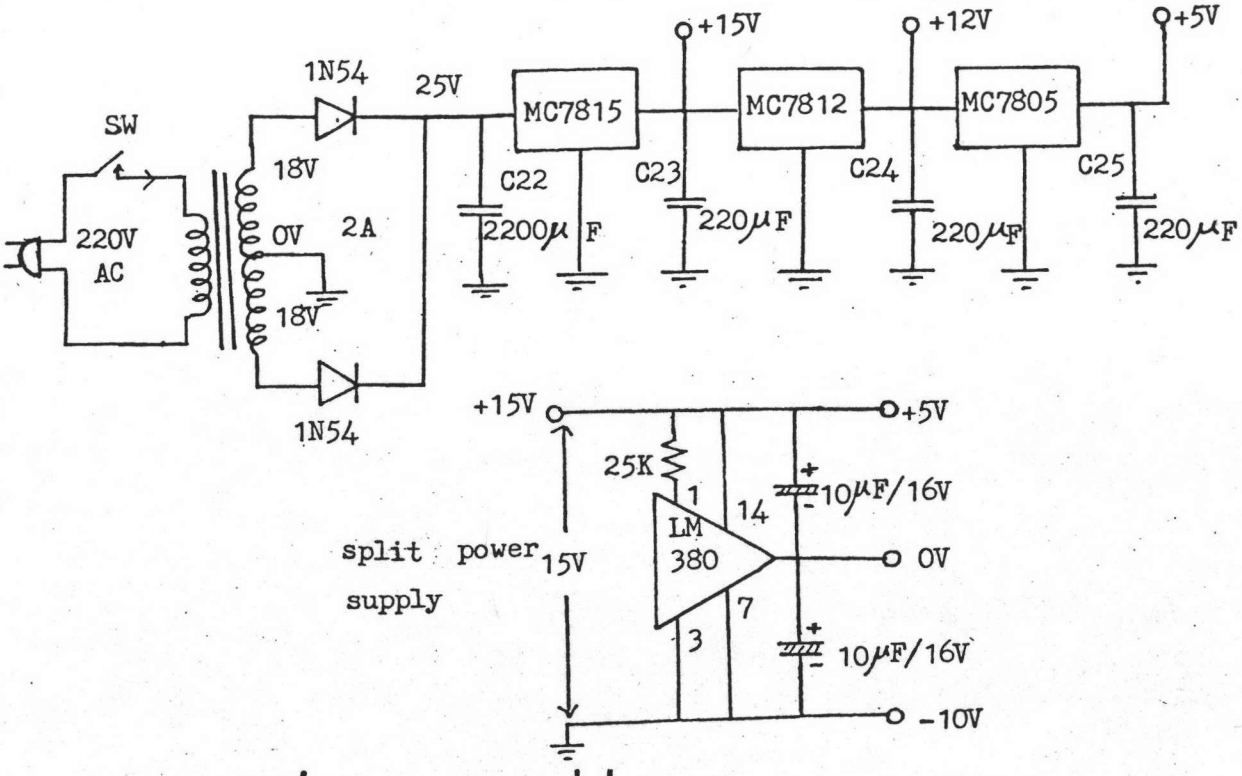
อาร์เอฟอินพุท 75 โอห์ม อีกด้านหนึ่งของบาลันทรานสฟอเมอร์จะให้อิมพีแดนซ์ 300 โอห์มเหมาะสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ที่มีภาคอาร์เอฟอินพุท 300 โอห์ม

2.7 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply)

จากการทดลองวงจรแต่ละภาคต้องการกระแสและแรงดันดังนี้

ภาคกำเนิดสัญญาณซิงค์	225	มิลลิแอมป์	5	โวลท์
ภาคกำเนิดสัญญาณภาพ	110	มิลลิแอมป์	5	โวลท์
ภาคขยายสัญญาณภาพ	35	มิลลิแอมป์	12	โวลท์
ภาคอาร์เอฟออซซิลเลเตอร์ และมอดูเลเตอร์	85	มิลลิแอมป์	15	โวลท์

เมื่อได้ค่ากระแสและแรงดันที่ต้องการใช้ จึงนำมาออกแบบแหล่งจ่ายไฟ จะเห็นว่ากระแสที่ต้องการทั้งหมดในวงจรคือ 455 มิลลิแอมป์หรือประมาณ 0.5 แอมป์



รูปที่ 2.39 แสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ

การออกแบบจะต้องให้แรงดันขาออกมีค่าคงที่มากที่สุดและมีริพเปิ้ล (ripple) น้อยที่สุด จึงได้นำโวลเทจแรกกูเลเตอร์ (voltage regulator) แบบไอซีชนิด 3 ขา เบอร์ MC7805, MC7812 และ MC7815[10] ซึ่งจะให้แรงดันที่คงที่ 5, 12 และ 15 โวลท์ตามลำดับ นำมาต่อเป็นวงจรง่าย ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.39 เลือกใช้หม้อแปลงชนิดที่มีอินพุท (input) 220 โวลท์และมีเอาท์พุท (output) แบบ 18 โวลท์ 2 ขด 2 แอมป์ ชนิดมีเซ็นเตอร์แทบ (centre tap) ส่วนไดโอดเรกติไฟเออร์ (diode rectifier) ใช้เบอร์ 1N54 จำนวน 2 ตัว ซึ่งมีคุณสมบัติทนแรงดันได้ 50 โวลท์ และทนกระแสได้ 3 แอมป์ต่อกันในรูปฟูลเวฟเรกติไฟเออร์ (fullwave rectifier) โดยใช้คาพาซิเตอร์เป็นตัวฟิลเตอร์ (filter) สำหรับกระแสที่กำฉว่า 1 แอมป์ คำนวนหาค่าคาพาซิเตอร์ฟิลเตอร์ ได้จากสมการ (6)[11]

$$C_{22} = \frac{I_L}{V} \times 6 \times 10^{-3} \quad \text{.....(6)}$$

ในที่นี้ I_L คือกระแสโหลด (load) สูงสุด 1 A

V คือริพเปิ้ลโวลท์เทจ 3 V

$$C_{22} = \frac{1 \times 6 \times 10^{-3}}{3}$$

$$C_{22} = 2{,}000 \ \mu F$$

ฉนั้นจึงเลือกค่า C_{22} เท่ากับ 2,200 $\mu F/_{50V}$ ค่านี้หาได้ง่ายในท้องตลาด ที่ขั้วบวกของ C_{22} จะมีค่า 25 V_{DC} เมื่อนำไปผ่านไอซี MC7815 จะได้แรงดันขาออก 15 โวลท์แล้วฟิลเตอร์ด้วย C_{23} ซึ่งใช้ค่า 220 $\mu F/_{25V}$ ส่งต่อไปยัง MC7812 จะได้แรงดันขาออก 12 โวลท์ ฟิลเตอร์ด้วย C_{24} ค่า 220 $\mu F/_{25V}$ แล้วส่งต่อไปยัง MC7805 จะได้แรงดันขาออก 5 โวลท์ ฟิลเตอร์ด้วย C_{25} ซึ่งใช้ค่า 220 $\mu F/_{25V}$ เช่นกัน สำหรับ LM380[12] ปกติสามารถใช้เป็นวงจรขยายสัญญาณเสียงแต่ในที่นี้นำมาใช้เป็นแหล่งจ่ายไฟแบบแยกส่วนเพื่อส่งไปให้กับภาคอาร์เอฟออซซิลเลเตอร์และอาร์เอฟมอดูเลเตอร์ โดยจะแบ่งแรงดันขาออกเป็น 5V, 0V และ -10V ตามลำดับ