บทที่ 2

ทฤษฎีและระบบที่เกี่ยวข้อง

หลักการเกิดภาพบนจอโทรทัศน์ [1],[2],[3],[4]

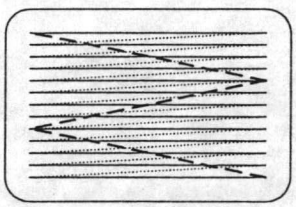
เครื่องรับโทรทัศน์ทั่วๆไปใช้หลอดภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube) ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าของภาพให้เปลี่ยนเป็นภาพปรากฏที่จอ การทำงานของหลอดภาพเริ่มจากป้อนสัญญาณไฟฟ้าของภาพเข้าไปที่ปืนอิเล็กตรอน ทำให้อิเล็กตรอนหลุดออกจากขั้วประกอบกับบริเวณด้านหน้าของจอภาพมีแรงดันที่มีศักดาเป็นบวกค่าสูงมากอยู่ อิเล็กตรอนที่หลุดออกจากขั้วจึงเคลื่อนที่มุ่งไปยังด้านหน้าของจอภาพ เมื่อลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปกระทบกับผิวของจอภาพที่ฉาบไว้ด้วยสารเรืองแสงจึงทำให้เกิดแสงสว่างขึ้นที่หน้าจอ ถ้าสัญญาณไฟฟ้าของภาพมีแรงดันสูง ทำให้จุดสว่างที่เกิดขึ้นสว่างมาก และถ้าสามารถบังคับให้ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมาโดยในขณะที่ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมานั้นก็เปลี่ยนแรงดันของสัญญาณไฟฟ้าของภาพไปด้วย ก็สามารถทำให้เกิดภาพบนจอได้

ภาพหนึ่งๆที่เกิดขึ้นบนหน้าจอโทรทัศน์นั้นประกอบด้วยเส้นขวางเล็กๆในแนวนอนเป็นจำนวนมาก และในแต่ละเส้นนั้นประกอบด้วยจุดที่มีความสว่างต่างกันเป็นจำนวนมาก ดังนั้นอาจจะกล่าวได้ว่าภาพที่ปรากฏบนจอโทรทัศน์นั้นประกอบด้วยจุดเล็กๆเป็นจำนวนมาก ซึ่งแต่ละจุดนั้นก็คือลำอิเล็กตรอนนั่นเอง ในกรณีของภาพสีก็ใช้หลักการเดียวกัน แต่ 1 จุดภาพต้องมี 3 สี จึงต้องมีแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน 3 ชุด สำหรับกำเนิดอิเล็กตรอน 3 สี คือ แดง เขียว และน้ำเงิน

จุดต่างๆที่ประกอบขึ้นมาเป็นภาพนั้นบนจอโทรทัศน์นั้นไม่ได้เกิดขึ้นพร้อมๆกัน กล่าวคือจุดแต่ละจุดนั้นเกิดขึ้นทีละจุดติดต่อกันด้วยความรวดเร็วจนสายตาของมนุษย์แยกไม่ทัน โดยจุดแรกจะเริ่มปรากฏจากเส้นบนสุดซ้ายสุดของจอโทรทัศน์ก่อน จากนั้นจุดต่อมาก็จะปรากฏทางขวามือของจุดแรกไปเรื่อยๆ หรืออาจกล่าวว่าจุดนั้นเคลื่อนที่ในแนวนอนนั่นเอง เมื่อจุดเคลื่อนที่ไปทางขวาสุดแล้ว ก็จะเริ่มไปปรากฏทางซ้ายมือของจอภาพใหม่ แต่จะต่ำกว่าตำแหน่งที่ปรากฏครั้งแรก 1 จุด จากนั้นจุดก็จะเริ่มเคลื่อนที่ในแนวนอนใหม่จนถึงขวาสุดแล้วจึงเลื่อนลงมา 1 จุด เคลื่อนที่เช่นนี้เรื่อยๆจนถึงเส้นล่างสุดของจอ แล้วจึงกลับไปยังเส้นแรกอีกครั้ง ความเร็วของการเคลื่อนที่ของจุดนั้นเร็วมากจนสายตาของมนุษย์ไม่สามารถมองตามได้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

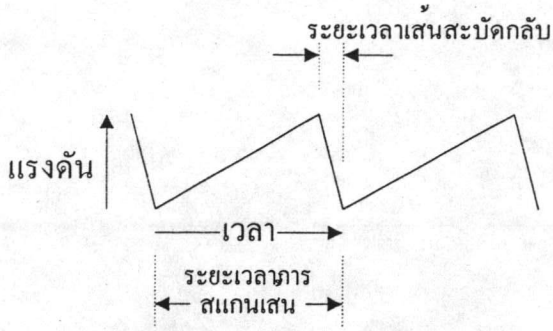
ทัน จึงทำให้รู้สึกว่าภาพทั้งภาพเกิดขึ้นพร้อมๆกัน ภาพ 1 ภาพที่เกิดจากจุดเคลื่อนที่จากมุมบนสุดซ้ายสุดไปยังมุมขวาล่างสุดครบ 1 รอบเรียกว่า 1 เฟรม(frame) และวิธีการที่แต่ละจุดเกิดเรียงติดกันว่าการสแกน (scan)



รูปที่ 2.1 แสดงลักษณะการสแกนของเครื่องรับโทรทัศน์

โทรทัศน์แต่ละระบบมีจำนวนเส้นต่อเฟรมไม่เท่ากัน เช่นระบบ NTSC มีจำนวนเส้นต่อเฟรมเท่ากับ 525 เส้น และใช้เวลา 1/30 วินาทีสำหรับการแสดงภาพ 1 เฟรม ส่วนระบบ PALที่ใช้ในประเทศไทยนั้นมีจำนวนเส้นต่อเฟรมเท่ากับ 625 เส้น และใช้เวลา 1/25 วินาทีสำหรับการแสดงภาพ 1 เฟรม โดยในการออกแบบครั้งนี้ทางผู้ออกแบบจะยึดตามระบบโทรทัศน์ที่ใช้ในประเทศไทยเป็นหลักคือระบบ PAL ดังนั้นต่อไปนี้จึงจะขอกล่าวถึงโทรทัศน์ระบบ PAL เท่านั้น

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าถ้าต้องการให้จุดเคลื่อนที่บนจอภาพก็ต้องทำให้ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมา โดยวิธีการที่จะทำให้ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปมาตามความต้องการนั้นทำได้โดยป้อนสัญญาณไฟฟ้าที่มีรูปร่างคล้ายฟันเลื่อยดังรูปที่ 2.2 เข้าไปยังขดลวดที่พันอยู่รอบคอของหลอดภาพ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้าไปในขดลวดก็จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น สนามแม่เหล็กนี่เองที่ไปบังคับลำอิเล็กตรอนในหลอดภาพได้ ถ้ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในขดลวดเปลี่ยนแปลง สนามแม่เหล็กก็จะเปลี่ยนแปลงตาม ผลก็คือลำอิเล็กตรอนในหลอดภาพเคลื่อนที่ไปมาได้ เพื่อให้ลำอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ทั้งแนวตั้งและแนวนอน ขดลวดรอบคอหลอดภาพจึงมี 2 ชุดคือขดลวดหักเหทางแนวตั้งและขดลวดหักเหทางแนวนอน



รูปที่ 2.2 แสดงสัญญาณไฟฟ้ารูปฟันเลื่อย

การสแกนจากบนสุดของจอภาพถึงล่างสุดของจอภาพใช้เวลาค่อนข้างนาน ดังนั้นภาพที่เกิดขึ้นบนจอจะกระพริบได้เพราะแสงสว่างจากเส้นบนสุดดับไปนานแล้ว ดังนั้นเพื่อลดการกระพริบที่เกิดจากภาพนิ่งแต่ละเฟรมนั้น ในทางปฏิบัติภาพ 1 เฟรมจะแบ่งเป็น 2 ส่วน เรียกว่าฟิลด์(field) ในแต่ละฟิลด์จะมีจำนวนเส้นเพียงครึ่งเดียวของเส้นทั้งหมดคือ 312.5 เส้น และยังมีลักษณะเป็นเส้นเว้นเส้นอีกด้วยกล่าวคือ ฟิลด์แรกหรือฟิลด์คี่นั้นจะประกอบด้วยเส้นสแกนเส้นคี่เท่านั้น เมื่อลำอิเล็กตรอนสแกนมาจนถึงล่างสุดของจอแล้ว ลำอิเล็กตรอนก็จะไปเริ่มสแกนที่ส่วนบนของจอใหม่และในครั้งนี้จะสแกนเฉพาะเส้นคู่เท่านั้น เมื่อสแกนเส้นคู่เสร็จแล้วก็จะไปสแกนเส้นคี่ใหม่ในลักษณะนี้เรื่อยๆไปดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3

รูปที่ 2.3 แสดงการสแกนสองครั้งสำหรับภาพแต่ละภาพ

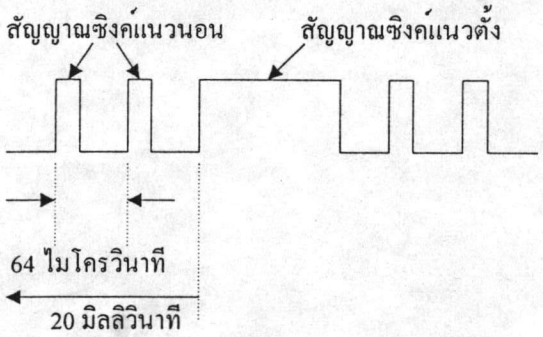
เราสามารถคำนวณเวลาของภาพแต่ละฟิลด์ได้จาก

ภาพ 1 เฟรมใช้เวลาเท่ากับ	1/25	วินาที
ภาพ 1 เฟรมเท่ากับ	2	ฟิลด์

ดังนั้นภาพ 1 ฟิลด์ต้องใช้เวลาเท่ากับ 1/50 วินาที

จากข้อมูลดังกล่าวสรุปได้ว่าความถี่สัญญาณฟันเลื่อยที่ใช้ป้อนไปยังขดลวดหักเหทางแนวนอนในระยะเวลา 1/50 วินาทีเกิดภาพเท่ากับ 312.5 เส้น มีค่าเท่ากับ 312.5x50 = 15625 เฮิรตซ์ ส่วนความถี่ของสัญญาณฟันเลื่อยสำหรับขดลวดหักเหทางแนวตั้งซึ่งใช้เวลาแสดงภาพ 1 ครั้งในเวลา 50 วินาทีจะเท่ากับ 50 เฮิรตซ์

สิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือการสแกนภาพที่เกิดขึ้นบนหลอดภาพของเครื่องรับโทรทัศน์และการสแกนภาพที่เกิดจากกล้องถ่ายโทรทัศน์ต้องเข้าจังหวะกัน (synchronization) ซึ่งในทางปฏิบัตินั้นทางสถานีโทรทัศน์จะต้องส่งสัญญาณชนิดหนึ่งเรียกว่าสัญญาณซิงค์(synchronizing signal) ออกไปพร้อมๆกับสัญญาณภาพด้วยเพื่อทำให้ภาพที่เกิดขึ้นบนจอโทรทัศน์เข้าจังหวะกับสถานีส่ง สัญญาณซิงค์นี้ประกอบด้วยสัญญาณซิงค์ 2 แบบคือ สัญญาณซิงค์ทางแนวนอน (horizontal synchronizing signal)ที่มีความถี่ 15,625 เฮิรตซ์และสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้ง (vertical synchronizing signal) ที่มีความถี่ 50 เฮิรตซ์ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงสัญญาณซิงค์ทางแนวตั้งและสัญญาณซิงค์ทางแนวนอน

สัญญาณซิงค์เพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอที่จะให้เกิดภาพบนจอภาพอย่างสมบูรณ์ ทางสถานีโทรทัศน์จำเป็นจะต้องส่งสัญญาณอื่นๆมาด้วยคือ

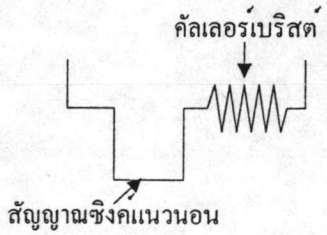
1. สัญญาณภาพขาวดำ (Y: luminance) และสัญญาณเสียง ซึ่งเป็นสัญญาณที่ก่อให้เกิดภาพขาวดำและเสียงตามต้องการทางเครื่องรับโทรทัศน์

2. สัญญาณแบล็งกิง (blanking signal) เป็นสัญญาณเพื่อใช้กันลำอิเลคตรอนในช่วงเวลาการสะบัดกลับของสัญญาณฟันเลื่อยแนวนอน (จากขวาไปซ้าย) และสัญญาณฟันเลื่อยแนวตั้ง(จากล่างขึ้นบน) จึงทำให้ไม่เห็นเส้นบนจอในช่วงเวลาดังกล่าว

3. สัญญาณอิควัลไลซิง (equalizing signal) เป็นสัญญาณเพื่อช่วยให้วงจรกวาดทางแนวนอนทำงานเป็นปกติในระหว่างช่วงสัญญาณซิงค์แนวตั้งและช่วยให้จังหวะของสัญญาณซิงค์แนวตั้งคงที่ทั้งฟิลด์คู่และฟิลด์คี่

4. สัญญาณสีรวม (chrominance) เป็นสัญญาณที่ทำให้ภาพเกิดเป็นสีต่างๆได้ สัญญาณนี้แยกออกจากสัญญาณภาพเพราะว่าต้องการให้เครื่องรับโทรทัศน์ขาวดำสามารถรับสัญญาณที่เป็นสัญญาณสีได้

5. สัญญาณซิงค์ภาพสี (color sync signal) เป็นสัญญาณที่บอกให้เครื่องรับโทรทัศน์สีทราบว่ามีสัญญาณภาพสีรวมส่งออกมาด้วย และเครื่องรับโทรทัศน์ยังใช้สัญญาณนี้ช่วยในการแยกสีออกมาด้วย สัญญาณนี้มีชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าสัญญาณเบิรสต์ (burst) สัญญาณนี้จะส่งไปในส่วนของสัญญาณซิงค์แนวนอน ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงสัญญาณเบิรสต์

<u>กระบวนการแปลงสัญญาณภาพจากอนาลอกเป็นดิจิตอล</u>

1. ความถี่ของสัญญาณสุ่ม

การที่จะสามารถขยายภาพได้นั้นจำเป็นจะต้องเก็บภาพเดิมไว้ก่อนในหน่วยความจำ จึงจำเป็นจะต้องมีกระบวนการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (anolog to digital conversion) หรือ A/D ซึ่งกระบวนการนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนคือการสุ่มตัวอย่างสัญญาณอนาลอก (sampling) และการแบ่งระดับของสัญญาณที่สุ่มเข้ามา (quantizing) แต่ละระดับของสัญญาณที่สุ่มเข้ามาจะแทนด้วยรหัสดิจิตอล

กฎของ Nyquist ระบุว่าความถี่ของสัญญาณที่ใช้สุ่มตัวอย่างจะต้องมากกว่าความถี่ของสัญญาณอย่างน้อย 2 เท่า ในกรณีของสัญญาณภาพของโทรทัศน์นั้นมีความถี่สูงสุดของสัญญาณประมาณ 5 เมกะเฮิรตซ์ ดังนั้นความถี่ของสัญญาณที่ใช้สุ่มตัวอย่างจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่า 10 เมกะเฮิรตซ์

2. ชนิดของตัวแปลงสัญญาณ

ดังที่กล่าวมาแล้วว่าสัญญาณที่ส่งออกมาจากสถานีส่งนั้นประกอบด้วยสัญญาณภาพและสัญญาณอื่นๆด้วย กระบวนการแปลงสัญญาณจะแปลงเฉพาะส่วนของสัญญาณภาพเท่านั้น ไม่ได้นำส่วนของสัญญาณซิงค์และสัญญาณแบล็งกิงมาแปลงด้วย แต่จะนำสัญญาณซิงค์และสัญญาณแบล็งกิงมาใช้ควบคุมกระบวนการแปลงสัญญาณ เพราะสัญญาณทั้งสองนั้นมีคาบเวลาที่แน่นอน ทำให้ส่วนควบคุมหน่วยความจำสามารถกำหนดจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของสัญญาณภาพในแต่ละเส้นสแกนได้

เนื่องจากสัญญาณภาพเปลี่ยนแปลงเร็วมาก การเก็บรายละเอียดของสัญญาณโดยใช้ความถี่สุ่ม 10 เมกะเฮิรตซ์นั้น ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลจะต้องทำงานที่ความถี่สูงได้ดี ดังนั้นชนิดของตัวแปลงสัญญาณที่เหมาะสมจึงเป็นชนิดแฟลช (flash) ซึ่งสามารถแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลได้เสร็จสิ้นภายใน 1 คาบของสัญญาณนาฬิกา

3. จำนวนบิทของสัญญาณดิจิตอล

สัญญาณภาพที่เป็นอนาลอกนั้นสามารถแสดงความละเอียดและจำนวนสีของภาพได้ไม่จำกัด แต่เมื่อแปลงสัญญาณภาพไปอยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอลนั้น ความเร็วและจำนวนบิทของตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลจะเป็นตัวกำหนดความละเอียดและจำนวนสีของสัญญาณที่ได้ ความถี่ของสัญญาณสุ่มจะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการแปลงสัญญาณ ส่วนจำนวนบิทของสัญญาณนั้น ถ้าแต่ละสีแทนด้วยสัญญาณ 64 ระดับ หรือสัญญาณแต่ละสีแทนด้วยข้อมูลจำนวน 6 บิท สัญญาณสีซึ่งประกอบด้วยสัญญาณสี 3 สัญญาณจึงประกอบด้วยจำนวนบิททั้งหมดเท่ากับ 18 บิทหรือแสดงสีที่แตกต่างกันได้เท่ากับ 2^{18} หรือ 262,144 สี ซึ่งจำนวนสีขนาดนี้เป็นจำนวนสีเกินความสามารถของตามนุษย์ที่จะแยกแยะได้และเป็นจำนวนสีที่พอเพียงสำหรับการแสดงผลเพื่อการนำเสนอข้อมูล

<u>ส่วนประกอบของระบบแสดงผลขนาดใหญ่</u> [5],[6]

ระบบแสดงผลที่วางขายอยู่ในท้องตลาดแสดงดังรูปที่ 2.6 ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 5 ส่วนคือ

1. ส่วนจอภาพ ซึ่งประกอบด้วยจอแสดงผลที่เรียกว่ามอนิเตอร์หรือใช้โปรเจกเตอร์ก็ได้ วางต่อกันทั้งแนวตั้งและแนวนอน รูปแบบของจอภาพนั้นไม่จำเป็นจะต้องเป็นรูปสี่เหลี่ยมเสมอไป สามารถจัดเรียงเป็นรูปใดๆก็ได้ตามความวัตถุประสงค์การใช้งาน

2. ส่วนควบคุมการแสดงผล (digital controller) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกสัญญาณภาพออกเป็นส่วนๆให้เหมาะกับรูปแบบของการจัดวางจอภาพ และส่งออกไปยังจอภาพที่ต่ออยู่ด้วย

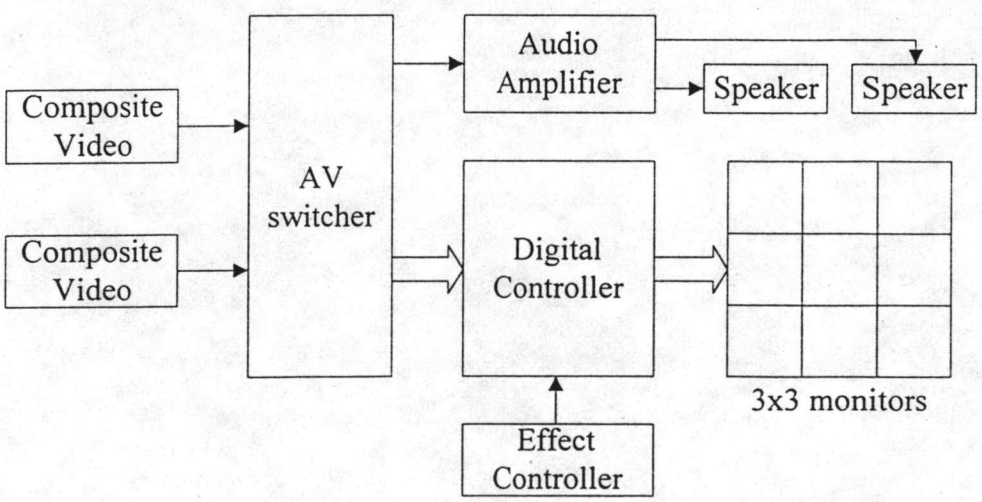
3. ส่วนควบคุมการแสดงeffect (effect Controller) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมรูปแบบของภาพที่ปรากฏบนจอภาพ อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมeffect นั้นแบ่งได้เป็น 2 แบบใหญ่ๆคือ

3.1. Preprogrammed effect controller เป็นการควบคุมรูปแบบการแสดงผลที่มีการโปรแกรมไว้ล่วงหน้าแล้ว ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบได้จากปุ่มกดที่กำหนดรูปแบบไว้แล้ว

3.2. Live display effect controller เป็นการควบคุมรูปแบบการแสดงผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้สามารถเลือกรูปแบบการแสดงผลได้เองอย่างไม่มีขีดจำกัด

4. ส่วนเลือกสัญญาณภาพและเสียง (AV switcher) ในกรณีที่มีสัญญาณเข้าสู่ระบบมากกว่า 1 แหล่งสัญญาณ อุปกรณ์ตัวนี้จะทำหน้าที่เลือกว่าจะให้จอภาพแต่ละจอปรากฏสัญญาณภาพจากแหล่งใด และเลือกสัญญาณเสียงที่ต้องการออกสู่ระบบขยายเสียงต่อไป

5. ส่วนขยายเสียง (Audio Amplifier) ทำหน้าที่ขยายเสียงออกสู่ลำโพงเพื่อการรับฟังที่ชัดเจนขึ้น



รูปที่ 2.6 แสดงภาพระบบแสดงผลขนาดใหญ่

การพัฒนาเครื่องควบคุมระบบจอภาพโทรทัศน์ที่จัดวางแบบอาร์เรย์

เนื่องจากเครื่องควบคุมการแสดงผลที่มีใช้อยู่นั้นเป็นอุปกรณ์ที่นำเข้าจากต่างประเทศแทบทั้งสิ้น ทำให้มีราคาแพง ดังนั้นการทำวิจัยเครื่องควบคุมการแสดงผลจะทำให้สามารถพัฒนาเทคโนโลยีขึ้นมาเองได้ภายในประเทศ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของสาขาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์