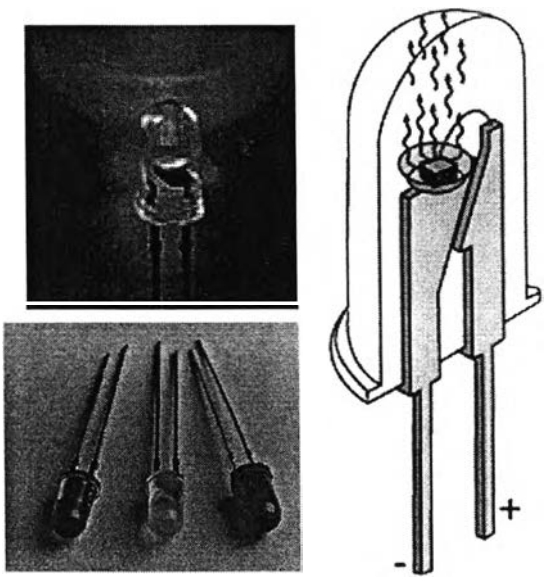
สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
แผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสง

2.1 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED)

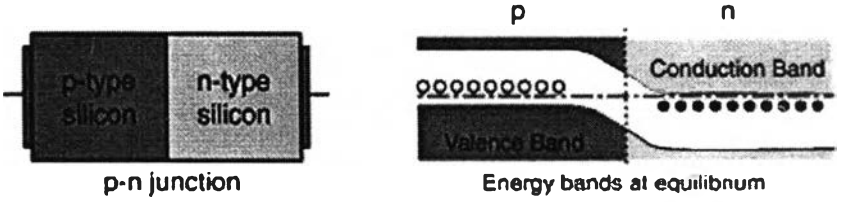
ไดโอดเปล่งแสง เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ที่สร้างบนพื้นฐานของไดโอดสารกึ่งตัวนำชนิดหัวต่อพี-เอ็น (P-N junction semiconductor diode) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงโดยใช้หลักการเปล่งแสงด้วยไฟฟ้า (Electroluminescence)



รูปที่ 2.1 ไดโอดเปล่งแสง

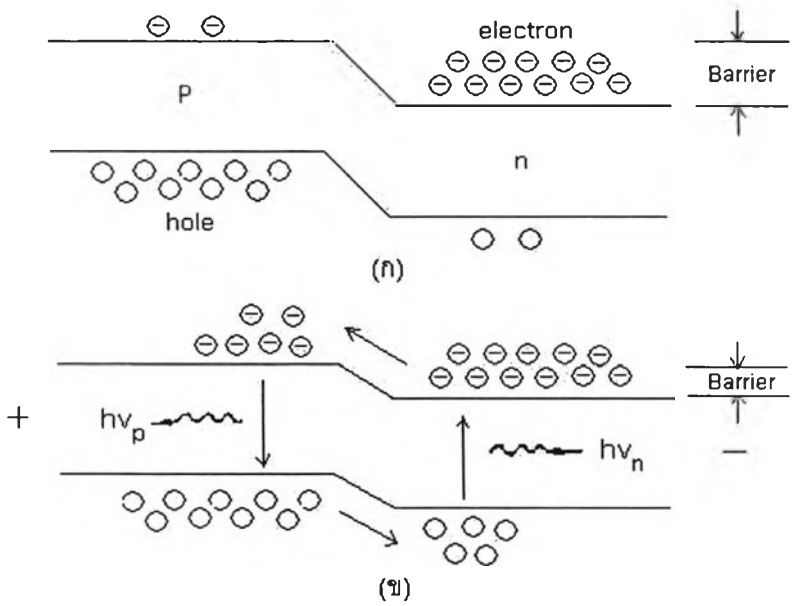
1. <u>หลักการทำงาน</u> [1.2.3]

ไดโอดเปล่งแสง เป็นสิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำที่สร้างจากสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็น ซึ่งสารหัวต่อชนิดพี-เอ็นจะมีแบบจำลองระดับพลังงาน (Energy bands) ตามรูปที่ 2.2

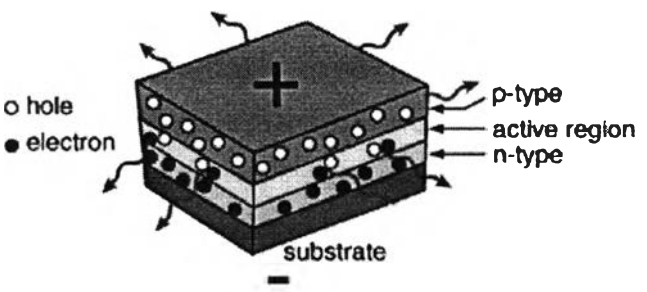


รูปที่ 2.2 แถบพลังงานของสารกึ่งตัวนำชนิดพีและเอ็น

การให้แสงของไดโอดเปล่งแสงจะใช้หลักการเปล่งแสงด้วยไฟฟ้า คือ เมื่อไม่มีการให้แรงดันไบอัสแก่ไดโอดเปล่งแสง จะมีศักย์ไฟฟ้า (Bulilt-in potential) ที่บริเวณหัวต่อสารกึ่งตัวนำ ขัดขวางการไหลของอิเล็กตรอน (Electron) และโฮล (Hole) ดังรูปที่ 2.3 (ก) เมื่อมีการไบอัสตาม (Forward Bias) ให้แก่ไดโอดเปล่งแสง ศักย์ไฟฟ้าภายนอกที่จ่ายให้แก่ไดโอดเปล่งแสงจะทำให้ขนาดของความต่างศักย์ระหว่างหัวต่อลดลง ทำให้เกิดการไหลของอิเล็กตรอนและโฮลผ่านหัวต่อสารกึ่งตัวนำ เกิดการรวมตัวของอิเล็กตรอนและโฮลขึ้น การรวมตัวนี้จะปลดปล่อยพลังงานออกมาตามค่าช่องว่างพลังงาน (Energy Gap) ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (ข) ซึ่งในกรณีของไดโอดเปล่งแสงพลังงานนี้จะมีความยาวคลื่นของพลังงานที่ปล่อยออกมาอยู่ในช่วงที่ตาสามารถมองเห็นได้ จึงเห็นเป็นแสงเปล่งออกมาจากสารกึ่งตัวนำ



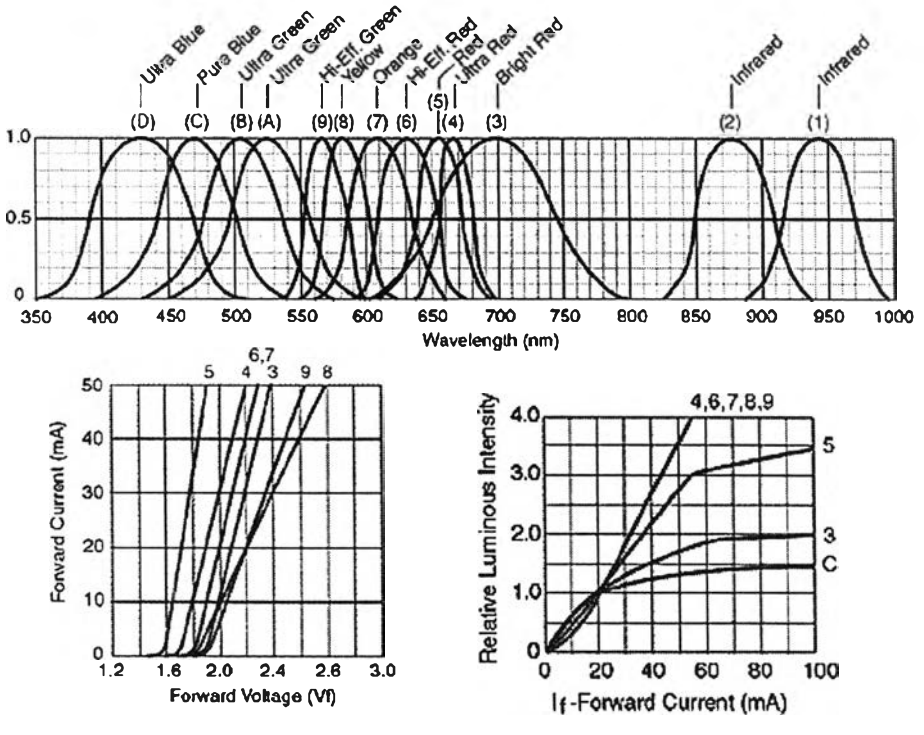
รูป 2.3 กลไกการทำงานของไดโอดเปล่งแสงเมื่อมีการไบอัสตาม



รูปที่ 2.4 การทำงานของไดโอดเปล่งแสง

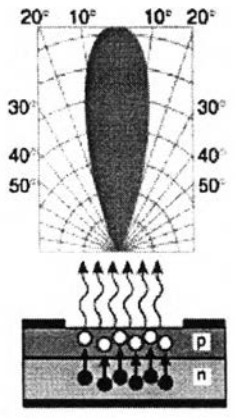
หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการใช้งานปกติ จะควบคุมความสว่างของไดโอดเปล่งแสงโดยควบคุมจากกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง เนื่องจากกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงจะมีความสัมพันธ์กับความเข้มแสงที่ปล่อยออกมาตามรูปที่ 2.5 (ล่างขวา) คือมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงในช่วงค่ากระแสหนึ่ง ในการสร้างกระแสคงที่เพื่อควบคุมความสว่างของไดโอดเปล่งแสงจะใช้วิธีพีดับเบิ้ลยูเอ็ม (PWM: pulse width modulator) ซึ่งเป็นการสร้างสัญญาณพัลส์ของกระแสที่มีความกว้างต่างๆกัน ทำให้ได้ค่ากระแสเฉลี่ยที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงแตกต่างกันได้



รูปที่ 2.5 ความสัมพันธ์ต่างๆของไดโอดเปล่งแสง
(บน) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่น
(ล่างซ้าย) ความสัมพันธ์กระแสและแรงดันที่ตกคร่อมไดโอดเปล่ง
(ล่างขวา) ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับกระแสที่ไหลผ่าน

ไดโอดเปล่งแสงจะเปล่งแสงออกมาให้มองเห็นได้ในช่วงมุมที่จำกัด ซึ่งจะอยู่ในช่วงประมาณ 20 องศา ดังรูปที่ 2.6 จึงทำให้การมองไดโอดเปล่งแสงจากด้านข้างอาจเห็นแสงที่ปล่อยออกมาได้น้อยหรือไม่เห็นเลย หากต้องการให้ไดโอดเปล่งแสงมีมุมให้แสงกว้างมากขึ้น ต้องออกแบบให้ส่วนหัวของไดโอดเปล่งแสงที่มีคุณสมบัติของเลนส์เป็นตัวช่วยกระจายแสง ทำให้มุมมองกว้างขึ้นถึง 60 องศา



รูปที่ 2.6 มุมให้แสงของไดโอดเปล่งแสง

2. ประวัติและการพัฒนาไดโอดเปล่งแสง [4,5,6]

ไดโอดเปล่งแสงตัวแรกถูกพัฒนาโดย Nick Holonyak ในปี ค.ศ. 1962 และมีการพัฒนาเรื่อยมาจนถึงปัจจุบัน โดยในแต่ละช่วงทศวรรษมีการเปลี่ยนแปลงดังนี้

- ช่วงทศวรรษ 1960 ไดโอดเปล่งแสงได้ถูกพัฒนาให้สามารถใช้งานทั่วไปได้ โดยไดโอดเปล่งแสงยุคนี้สร้างจากธาตุหลัก 3 ธาตุ คือ แกลเลียม (Gallium : Ga) อาร์เซนิค (Arsenic : As) และ ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) สามารถให้แสงสีแดงที่ความยาวคลื่น 655 nm แม้จะมีความสว่างต่ำ แต่ก็มีการใช้งานหลายประเภท เช่น ใช้เป็นหลอดบอกตำแหน่ง (Position indicator)

- ช่วงทศวรรษ 1970 มีการพัฒนาไดโอดเปล่งแสงให้สามารถเปล่งแสงสีอื่นเพิ่มมากขึ้น ได้แก่ สีเขียว (Green) , สีส้ม (Orange) และ สีเหลือง (Yellow) มีการปรับปรุงไดโอดเปล่งแสงสีแดงให้สว่างขึ้นและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทำให้มีการใช้งานต่างๆเพิ่มมากขึ้น เช่น ในเครื่องคิดเลข นาฬิกาดิจิตอล และอุปกรณ์ตรวจสอบต่างๆ แต่การใช้งานก็ยังไม่แพร่หลายมากนักแม้ว่าความเชื่อถือได้ (reliability) ของไดโอดเปล่งแสงจะมีมากกว่าหลอดไฟแบบไส้ (incandescent) และหลอดนีออน (neon) แต่ความผิดพลาดในการผลิตไดโอดเปล่งแสงในขณะนั้นยังคงสูงอยู่ เนื่องจากการปลูกผลึกยังไม่สามารถทำให้บริสุทธิ์ได้มากพอ ทำให้ประสิทธิภาพ (efficiency) และอายุการใช้งาน (lifetime) ลดลง

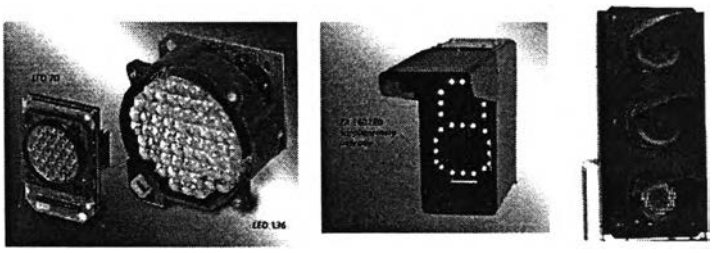
- ก่อนถึงทศวรรษ 1980 มีการพัฒนาแกลเลียมอลูมิเนียมอาร์เซไนด์ (Gallium aluminum arsenide : GaAlAs) ขึ้น เพื่อใช้ในไดโอดเปล่งแสง ซึ่งสามารถให้ความ

สว่างสูงกว่าไดโอดเปล่งแสงแบบเดิมมากกว่า 10 เท่า อีกทั้งแรงดันใช้งานก็ลดลง ทำให้ประหยัดพลังงานลงได้ แต่ว่าแกลเลียมอลูมิเนียมอาร์เซไนด์ก็มีข้อเสียอยู่ คือ สามารถเปล่งแสงได้ที่ความยาวคลื่น 660 nm เท่านั้น และ ความเสื่อมของแสงที่ปล่อยออกมา (Light Output degradation) มีค่ามากกว่าไดโอดเปล่งแสงแบบเดิม โดยไดโอดเปล่งแสงแบบเดิมแสงที่ปล่อยออกมาจะมีความเข้มลดลง 50 % หลังการใช้งานไปแล้ว 100,000 ชั่วโมง แต่กรณี GaAlAs จะลดลง 50% ภายใน 50,000 – 70,000 ชั่วโมง ซึ่งความเสื่อมของแสงนี้ยังขึ้นกับสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน โดยหากโดยรอบอุณหภูมิสูงหรือมีความชื้นสูงอายุการใช้งานก็จะยิ่งลดลง

- ช่วงทศวรรษ 1980 เลเซอร์ไดโอดที่ปล่อยแสงในช่วงที่ตามองเห็นได้เริ่มมีการนำมาใช้มากขึ้น เช่น ในอุปกรณ์อ่านแถบบาร์โค้ด (bar code readers) ระบบวัดและบอกตำแหน่ง (measurement and alignment systems) ต่อมามีการนำอินเดียมแกลเลียมอลูมิเนียมฟอสเฟส (Indium Gallium Aluminum Phosphide : InGaAlP) มาใช้งานเนื่องจากสามารถเปลี่ยนสีที่แสดงได้โดยการปรับขนาดของแถบพลังงาน (Energy band gap) ทำให้สามารถสร้างสีเขียว , เหลือง , ส้ม และแดง ได้โดยใช้พื้นฐานเดียวกัน และพัฒนาความเสื่อมของแสงที่ปล่อยออกมาให้ทนต่ออุณหภูมิและความชื้นเพิ่มมากขึ้นด้วย

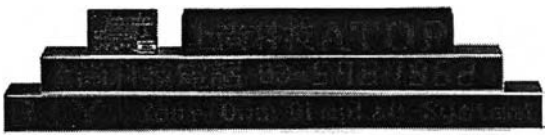
- ช่วงทศวรรษ 1990 ไดโอดเปล่งแสงถูกใช้งานหลักๆ 3 ประเภท ได้แก่

1. อุปกรณ์ควบคุมสัญญาณจราจร เช่น ไฟจราจร,สัญญาณคนข้ามถนน,ไฟเตือนสิ่งกีดขวาง



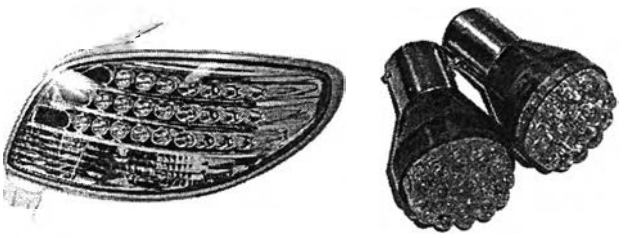
รูปที่ 2.7 ตัวอย่างไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในการการจราจร

2. แผงแสดงข้อความ (Message sign) ใช้แสดงข่าวสารต่างๆ



รูปที่ 2.8 แผงแสดงข้อความ

3. การใช้งานในรถยนต์ (automotive applications)



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ในรถยนต์

ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน (Blue LED) ได้ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อไม่นานมานี้ เนื่องจากระดับพลังงานโฟตอนที่ค่อนข้างสูง (>2.5eV) และเป็นสีที่ดวงตาตอบสนองช้า ทำให้ยากต่อการพัฒนา การพัฒนาต้องใช้เทคโนโลยีที่แตกต่างจากไดโอดเปล่งแสงปกติ ไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินในปัจจุบันสร้างจากแกลเสียมไนเตรท (Gallium Nitride : GaN) และซิลิกอนคาร์ไบด์ (Silicon carbine : SiC) โดยตัวที่นิยมใช้งานคือแกลเลียมไนเตรท ซึ่งสามารถให้สีอื่นๆได้นอกจากน้ำเงิน เช่น สีเขียว ม่วง รวมถึงสีขาวได้ด้วย

เนื่องจากมีการพัฒนาไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินขึ้น จึงทำให้ไดโอดเปล่งแสงสามารถให้สีที่เป็นแม่แสงครบทั้ง 3 สี คือ สีแดง , สีเขียว และสีน้ำเงิน ทำให้มีการพัฒนาแผงแสดงภาพสีขึ้น ซึ่งในตอนแรกสร้างเป็นแผงขนาดเล็ก เนื่องจากราคาที่สูงของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ต่อมาเมื่อราคาของไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินลดลง ก็มีการสร้างเป็นแผงขนาดใหญ่ขึ้น และเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น

3. ข้อดีของไดโอดเปล่งแสง

- สามารถออกแบบให้ใช้งานได้หลายรูปแบบ (Design Flexibility) เนื่องจากไดโอดเปล่งแสงสามารถสร้างให้อยู่ในรูปจุด , เส้น หรือเป็นพื้นที่ได้ ทำให้มีการใช้งานหลากหลาย อีกทั้งง่ายต่อการควบคุมคุณสมบัติของสี เช่นอุณหภูมิ , สี , และคุณภาพของสี

- อายุการใช้งานยาวนาน (Long Lifespan) โดยอยู่ที่ 50,000 – 100,000 ชั่วโมง (ประมาณ 6-11 ปี ถ้าใช้งานอย่างต่อเนื่อง) มากกว่าหลอดไฟปกติ 50-100 เท่า

- ความตอบสนองเร็ว (Fast Response) สามารถควบคุมการเปิดปิดได้สะดวกได้ง่าย ทำให้สามารถปรับระดับสีที่แสดงได้

- สามารถให้สีได้หลายหลาก เช่น สีม่วง , น้ำเงิน , เขียว , เหลือง , เขียว ,แดง , ส้ม , เหลือง หรือสีขาว เป็นต้น

- ประสิทธิภาพสูง (High Efficiency) ไดโอดเปล่งแสงเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงที่กระแสและแรงดันต่ำ ทำให้ใช้พลังงานต่ำกว่าหลอดไฟทั่วไป

- การบำรุงรักษาต่ำ (Low Maintenance) การติดตั้งไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะในการดูแลรักษา

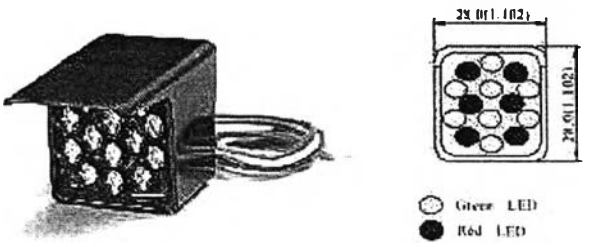
- ความทนทานสูง (High Durability) ไดโอดเปล่งแสงมีความแข็งแรงสูง ทนทานต่อแรงกระแทก , แรงสั่นสะเทือน , ผลกระทบจากอุณหภูมิและเครื่องจักร อีกทั้งสามารถออกแบบให้กันน้ำ กันความชื้นและสภาพอากาศที่เย็นจัดได้ จึงมีการใช้งานบนรถยนต์ หรือห้องเก็บสัมภาระบนเครื่องบินได้

2.2 แผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสง

แผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลอดไดโอดเปล่งแสงเป็นอุปกรณ์หลักในการแสดงข้อความหรือภาพ ซึ่งสามารถแสดงได้ทั้งภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ขึ้นกับความเร็วในการเปลี่ยนภาพที่แสดง ขนาดของแผงแสดงภาพสามารถปรับขยายขนาดให้เหมาะสมกับความต้องการของผู้ใช้ได้ การแสดงข้อความหรือภาพบนแผงจะใช้จุดภาพ (pixel) ที่สร้างจากไดโอดเปล่งแสงมาเรียงกันเพื่อให้ได้ข้อความหรือรูปที่ต้องการแสดง แผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงสามารถแสดงสีได้หลายระดับ โดยปรับระดับการแสดงสีได้โดยวิธีควบคุมกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง ทำให้ไดโอดเปล่งแสงสามารถแสดงสีเข้มอ่อนได้ต่างกัน จุดภาพของแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ

1. จุดภาพชนิดไดโอดเปล่งแสงหลอดเดียว จุดภาพแบบนี้จะใช้ไดโอดเปล่งแสง 1 หลอด แทน 1 จุดภาพ ซึ่งจะมีทั้งแบบที่ให้แสงได้เพียงสีเดียว และแบบให้แสงได้หลายสี ในแบบที่สามารถแสดงได้หลายสีจะมีราคาสูงกว่า

2. จุดภาพชนิดคลัสเตอร์ (Cluster) เป็นจุดภาพที่ประกอบจากไดโอดเปล่งแสงหลายหลอดรวมเป็น 1 จุดภาพ โดยอัตราส่วนระหว่างจำนวนไดโอดเปล่งแสงสีต่างๆ ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน อัตราส่วนของหลอดจะขึ้นกับความเข้มแสงที่ไดโอดให้ออกมา กล่าวคือ สีที่ให้ความเข้มได้มาก จะใช้จำนวนหลอดน้อย เพื่อแสงสีที่ให้ออกมามีสมดุลกับสีอื่น โดยส่วนมากการจัดวางและอัตราส่วนของไดโอดเปล่งแสงจะต่างกันออกไปตามความเหมาะสม เนื่องจากไดโอดเปล่งแสงสีเดียวกันจะให้ความเข้มแสงได้ต่างกัน ขึ้นกับสภาพในการผลิต สำหรับแผงแสดงภาพสีจะใช้ไดโอดเปล่งแสง 3 สี คือ สีแดง , สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นแม่แสงเพื่อให้สามารถแสดงภาพสีธรรมชาติได้จากการผสมแสงสีทั้ง 3 สี จุดภาพแบบคลัสเตอร์มีขนาดค่อนข้างใหญ่ แต่มีราคาถูกกว่าจุดภาพชนิดไดโอดเปล่งแสงหลอดเดียวที่สามารถแสดงได้หลายสี



รูปที่ 2.10 จุดสีแบบคลัสเตอร์

รูปแบบการใช้งานของแผงแสดงไดโอดเปล่งแสงที่พบเห็นได้ในปัจจุบัน

1. แผงแสดงข้อความ (Message Sign / Message Board / Moving Sign) เป็นแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงรูปแบบแรก ใช้ไดโอดเปล่งแสงในการประชาสัมพันธ์แสดงข้อความไปสู่ผู้บริโภค การใช้งานแผงแสดงข้อความยังสามารถพบเห็นได้ในปัจจุบัน เนื่องจากรูปแบบการใช้งานที่ไม่เปลี่ยนจากสมัยก่อน แผงแสดงข้อความส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่ง แสงสีแดงเป็นหลัก เนื่องจากมีราคาถูก และให้ความสว่างได้มากกว่าสีอื่น แต่ก็มีแผงแสดงข้อความที่ใช้ไดโอดเปล่งแสงสีอื่นเข้ามาร่วมด้วย เช่น สีเขียว หรือสีเหลือง ทำให้แผงแสดงข้อความสามารถแสดงสีได้เพิ่มขึ้น และมีรูปแบบการใช้งานเพิ่มขึ้น

รูปที่ 2.11 แผงแสดงข้อความแบบสีเดียว

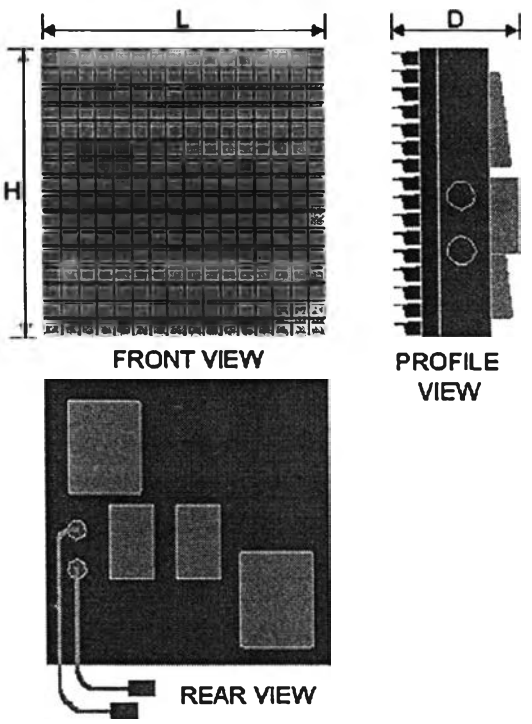
2. แผงแสดงภาพ (LED Display) ลักษณะจะคล้ายกับแผงแสดงข้อความ แต่จะมีขนาดใหญ่กว่าทั้งความกว้างและความสูง เพื่อให้เหมาะสมกับการแสดงภาพที่ต้องการ ในสมัยก่อนแม้ยังไม่มีการพัฒนาไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงิน ก็มีการนำไดโอดเปล่งแสงมาทำเป็นแผงแสดงภาพเช่นกัน เนื่องจากคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสงที่ให้ความสว่างสูง โดยใช้เพียงไดโอดเปล่งแสงสีที่มีอยู่ ซึ่งส่วนมากจะมี 2 สี คือสีแดง (Red) และเขียวอมเหลือง (Yellow Green) เนื่องจากมีราคาที่ถูก ภาพที่แสดงได้ในสมัยก่อนจะอยู่ในรูปแบบภาพ 3 สี ต่อมาเมื่อมีไดโอดเปล่งแสงสีน้ำเงินขึ้น ก็เริ่มมีการพัฒนาแผงแสดงภาพสีขึ้น โดยใช้ไดโอดเปล่งแสง สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ที่เป็นแม่แสงเป็นหลัก

นอกจากแบ่งตามรูปแบบการใช้งานแล้วแผงแสดงไดโอดเปล่งแสงยังถูกแบ่งออกเป็น

1. แผงแสดงแบบใช้งานในร่ม (Indoor board) มักพบเห็นในสนามกีฬาในร่ม หรือภายในห้างสรรพสินค้า แผงแบบนี้จะให้ความสว่างต่ำกว่าแผงแบบใช้งานกลางแจ้ง เนื่องจากไม่มีปัญหาเรื่องแสงรบกวน

2. แผงแสดงแบบใช้งานกลางแจ้ง (Outdoor board) การใช้งานจะใช้งานภายนอกอาคารเพื่อประชาสัมพันธ์ให้บุคคลภายนอกได้รับทราบข้อมูลที่ต้องการ แผงชนิดนี้จะมีความสว่างมาก เนื่องจากต้องขจัดเขยปัญหาเรื่องแสงรบกวนจากดวงอาทิตย์ในตอนกลางวัน และต้องสามารถกันน้ำได้ในระดับหนึ่ง

โดยปกติแผงแสดงไดโอดเปล่งแสงจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนย่อยๆที่เรียกว่าโมดูล (Module) ดังรูปที่ 2.12 เพื่อสะดวกต่อการติดตั้ง , ขนย้าย และการเพิ่มลดขนาดของแผงแสดงภาพ โดยขนาดของแต่ละโมดูลจะต่างกันไปตามผู้ผลิต ส่วนมากโมดูลหนึ่งจะมีขนาดจุดภาพเป็นจำนวนเท่าของ 16x16 จุดภาพ เช่น 16x16 , 32x16 , 16x32 , 32x32 เป็นต้น เนื่องจากการเก็บค่าข้อมูลแต่ละจุดภาพในหน่วยความจำ เพื่อให้ใช้หน่วยความจำให้ได้ประโยชน์สูงสุดจึงนิยมให้จำนวนแถวและคอลัมน์มีค่าอยู่ในรูปของเลขยกกำลัง 2



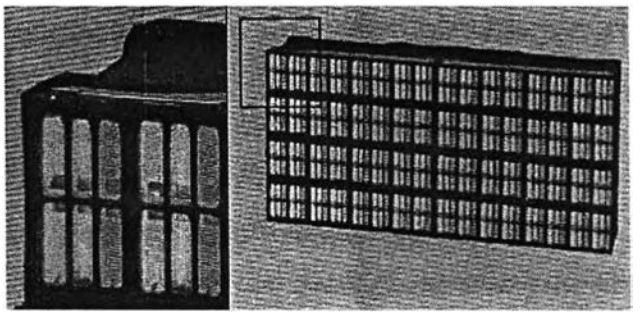
รูปที่ 2.12 ตัวอย่างโมดูลของแผงแสดงไดโอดเปล่งแสง

ความเป็นมาของแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสง

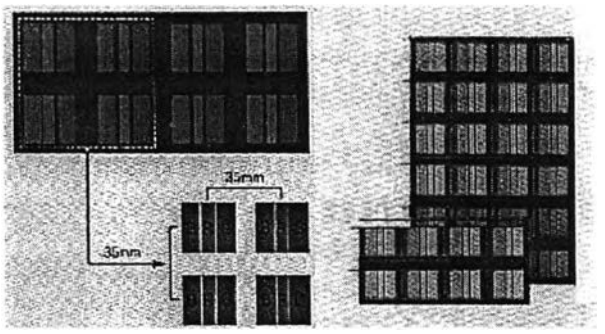
ภายหลังจากไดโอดเปล่งแสงได้พัฒนาในเรื่องประสิทธิภาพแล้ว ก็มีการนำไดโอดเปล่งแสง มาประกอบเป็นแผงแสดงข้อความ (massage sign) เพื่อใช้โฆษณา ประชาสัมพันธ์ หรือแจ้งข่าวสารต่างๆ ที่ต้องการสู่ผู้บริโภค ทั้งนี้เนื่องจากคุณสมบัติของไดโอดเปล่งแสง ที่สามารถให้ความสว่างได้มากทำให้สามารถมองเห็นได้ในระยะทางไกล และมีอายุการใช้งานของไดโอดเปล่งแสงที่สูง (50,000-100,000 ชั่วโมง) ทำให้เหมาะสมในการใช้งานในที่สาธารณะ เพื่อให้ผู้ผ่านไปมาบริเวณนั้น สังเกตเห็นได้ง่าย

ในอดีตมีความต้องการใช้จอภาพขนาดใหญ่เพื่อการใช้งานบางรูปแบบ เช่น เพื่อแสดงภาพในการแข่งขันกีฬาต่างๆ ทั้งในร่ม และกลางแจ้ง , เพื่อการโฆษณาต่างๆ หรือ ใช้เพื่อความบันเทิง ทำให้มีจอแสดงภาพแบบต่างๆ ถูกพัฒนาขึ้น ด้วยวิธีที่แตกต่างจากหลอดภาพของโทรทัศน์ เนื่องจากหากใช้เทคโนโลยีเดียวกับโทรทัศน์จะต้องใช้หลอดภาพขนาดใหญ่มาก ทำให้ต้องใช้เนื้อที่มาก และลำบากในการผลิต ดังนั้นบริษัทต่างๆจึงได้พัฒนาจอภาพขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้หลอดไฟสีเขียว น้ำเงิน และแดง แทนจุดภาพแต่ละจุด เพื่อให้สามารถแสดงสีได้เหมือนธรรมชาติ

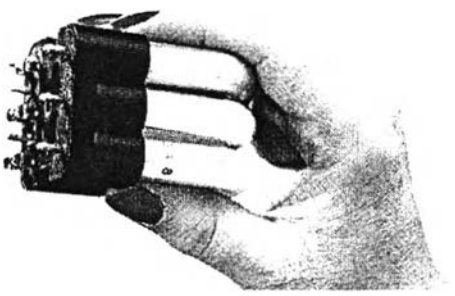
ต่อมาเมื่อไดโอดเปล่งแสงได้พัฒนาให้สามารถให้แสงสีเขียวบริสุทธิ์ (Pure Green) และ สีน้ำเงินได้ จึงทำให้ไดโอดเปล่งแสงสามารถแสดงสีเสมือนจริงได้ และราคาหลอดไดโอดเปล่งแสงถูกลง ทำให้หลายบริษัทนำไดโอดเปล่งแสงมาใช้แทนหลอดสีต่างๆ เนื่องจากข้อดีของไดโอดเปล่งแสงที่สามารถให้ความสว่างได้มากทำให้มองเห็นได้ไกลแม้อยู่ภายนอกอาคาร และอายุการใช้งานสูง ทำให้ในปัจจุบันจอแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสงได้รับความนิยม และสามารถพบเห็นได้เพิ่มมากขึ้นตามที่สาธารณะต่างๆ

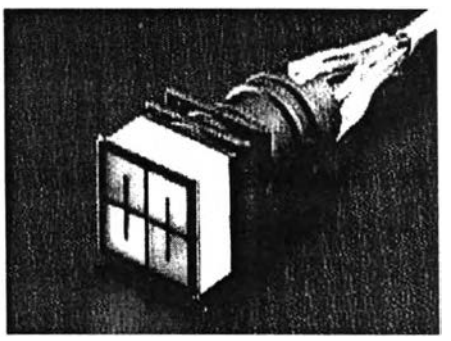


(ก) จุดภาพแผง Astrovision ของบริษัท Panasanic



(ข) จุดภาพแผง JumboTron ของบริษัท Sony





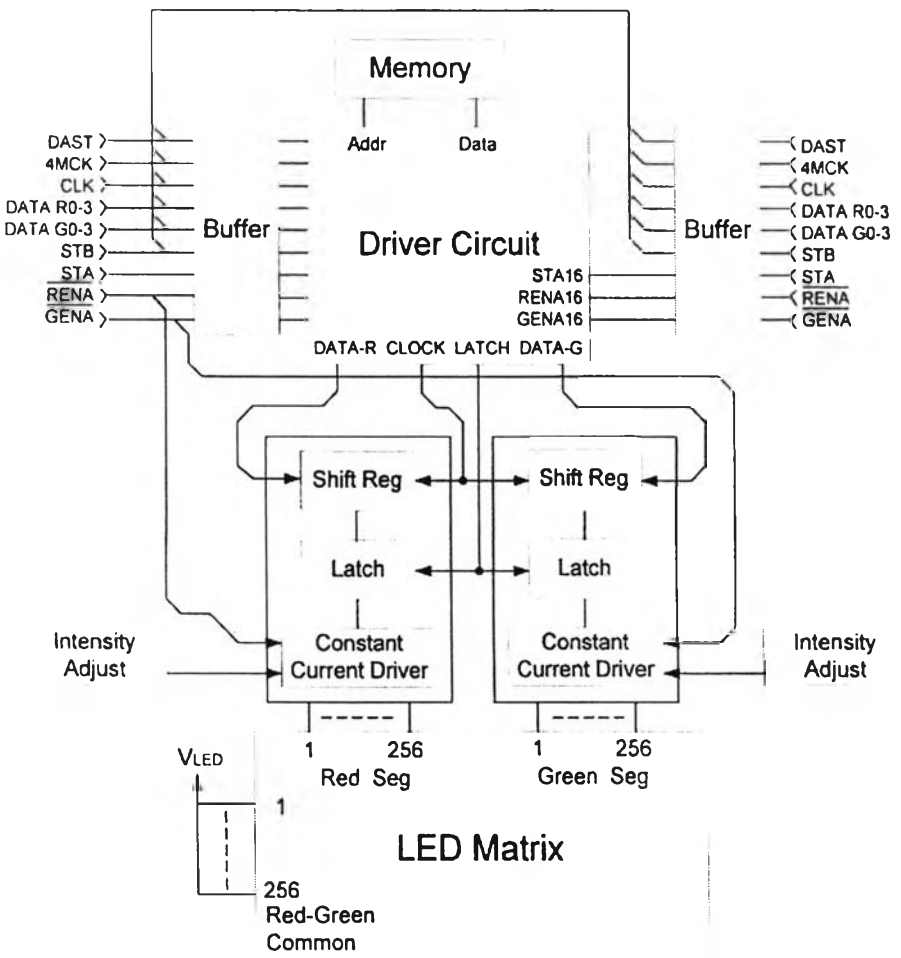
(ค) จุดภาพของแผงแสดงภาพบริษัท Omega (ง) จุดภาพแผง Skypix บริษัท National

รูปที่ 2.13 ตัวอย่างจุดภาพจอภาพขนาดใหญ่ของบริษัทต่างๆในสมัยก่อน

2.3 ตัวอย่างการทำงานของแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงชนิด 2 สี [7,8,9]

ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการทำงานของแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงที่ใช้โมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4 ของบริษัท Stanley Electric ซึ่งเป็นโมดูลสำหรับใช้งานภายในร่ม ขนาด 16x16 จุดภาพ ในหนึ่งจุดภาพมีไดโอดเปล่งแสงสีแดง และสีเขียวอมเหลืองเป็นส่วนประกอบ โดยสามารถให้แสงทั้ง 2 สีได้จากไดโอดเปล่งแสงหลอดเดียวกัน แต่ละสีมีความละเอียดในการแสดงผลสีละ 4 บิต จึงสามารถปรับระดับสีได้ 16 ระดับต่อสี และสามารถให้สีที่แตกต่างกันได้ทั้งหมด 256 สี (สีแดง 16 ระดับ สีเขียว 16 ระดับ)

การทำงานของโมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4



รูปที่ 2.14 แผนภูมิวงจรของโมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4

โมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4 มีแผนภูมิวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.14 โดยประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

- แผงไดโอดเปล่งแสง (LED Matrix) มีขนาด 16x16 หลอดสามารถแสดงแสงสีแดงและสีเขียว สีละ 16 ระดับได้ในหลอดเดียวกัน

- วงจรขับ (Driver Circuit) เป็นส่วนรับสัญญาณจากภายนอกโมดูลเข้ามาประมวลผลจัดเก็บลงหน่วยความจำ (Memory) และสร้างสัญญาณเพื่อส่งต่อให้ส่วนไอซีขับไดโอดเปล่งแสง และโมดูลไดโอดเปล่งแสงข้างเคียงที่อยู่ถัดไป

- ไอซีขับไดโอดเปล่งแสง ใช้ไอซี TB62701N ของบริษัท TOSHIBA ในการขับไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นไอซีสำหรับขับไดโอดเปล่งแสงโดยเฉพาะ ภายในประกอบด้วยวงจรเลื่อนข้อมูล (Shift Register) , วงจรคงค่า (Latch) และวงจรสร้างกระแสคงตัว (Constant Current Driver) โดยวงจรขับจะส่งสัญญาณข้อมูลสีและสัญญาณนาฬิกา (Clock) มายังวงจรเลื่อนข้อมูล ซึ่งข้อมูลสีแดงและสีเขียวจะแยกจากกัน และถูกส่งรูปแบบสัญญาณอนุกรม ข้อมูลจากวงจรเลื่อนข้อมูลจะถูกส่งไปยังวงจรคงค่าให้เก็บค่าไว้ แล้วส่งต่อให้วงจรสร้างกระแสคงตัวเพื่อสร้างกระแสคงตัว โดยใช้หลักการพีดับเบิ้ลยูเอ็ม(PWM : pulse width modulator) กระแสคงตัวนี้จะจ่ายให้ไดโอดเปล่งแสงเพื่อควบคุมการแสดงสีให้สามารถแสดงได้หลายระดับ นอกจากกระแสคงตัวแล้วความสว่างของสีของไดโอดเปล่งแสงสีแดงและสีเขียว ยังถูกควบคุมจากสัญญาณควบคุมสีแดงและสีเขียว (/RENA , /GENA) ด้วย

- ส่วนปรับความเข้ม (Intensity Adjust) ใช้ควบคุมอัตราการจ่ายกระแสของวงจรสร้างกระแสคงตัว ส่วนนี้จะมีผลต่อความสว่างของแอลอีดี

- หน่วยความจำ (Memory) ทำหน้าที่เก็บข้อมูลสีที่เข้ามายังวงจรขับ เพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณกระแสคงตัวเพื่อขับหลอดไดโอดเปล่งแสง

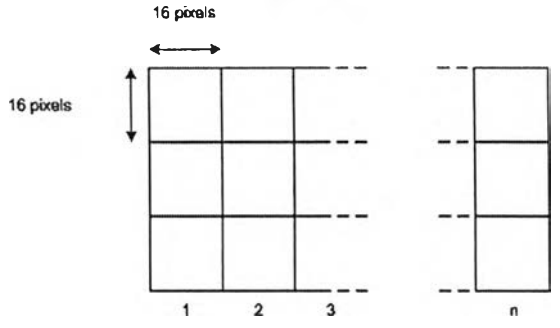
- บัฟเฟอร์ (Buffer) ทำหน้าที่ปรับแรงดันสัญญาณที่รับเข้ามาในวงจร และส่งออกไปยังวงจรโมดูลไดโอดเปล่งแสงข้างเคียง เพื่อให้ค่าสัญญาณที่ได้ไม่มีความผิดพลาดเนื่องจากแรงดันที่ตกลง

<u>สัญญาณข้อมูลและสัญญาณควบคุมที่ส่งเข้าโมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4</u>

- DATA R0~R3 เป็นสัญญาณข้อมูลสีในส่วนสีแดงของไดโอดเปล่งแสงขนาด 4 บิต (16ระดับสี)
- DATA G0~G3 เป็นสัญญาณข้อมูลสีในส่วนสีเขียวของไดโอดเปล่งแสงขนาด 4 บิต (16 ระดับสี)
- STA เป็นสัญญาณบอกตำแหน่งเริ่มต้นของแต่ละแถวของโมดูล (1 โมดูลมี 16 แถว) โดยส่งสัญญาณพัลส์ (pulse) เป็น High เมื่อต้องการเริ่มต้นข้อมูลในแถวใหม่
- STB เป็นสัญญาณควบคุมให้แถวโมดูลนั้นรับข้อมูลที่ส่งให้ (โมดูลในชั้นเดียวกันจะใช้ค่า STB เดียวกัน) โดยถ้าสัญญาณ STB ของแถวโมดูลใดเป็น High แถวโมดูลนั้นรับค่าข้อมูลที่ส่งอยู่เข้าไปเพื่อใช้แสดงค่า
- DAST เป็นสัญญาณควบคุมการคงค่าข้อมูลในโมดูล เมื่อส่งสัญญาณ High ข้อมูลทั้งหมดจะถูกคงค่าไว้ เพื่อใช้ควบคุมการแสดงค่าของไดโอดเปล่งแสงในช่วงเวลานั้น จนกว่าจะมีการคงค่าข้อมูลชุดต่อไปเพื่อใช้ควบคุมแทน กล่าวได้ว่าเป็นสัญญาณสั่งให้แสดงภาพในแต่ละเฟรม
- /RENA เป็นสัญญาณควบคุมการติดดับของไดโอดเปล่งแสงสีแดง
- /GENA เป็นสัญญาณควบคุมการติดดับของไดโอดเปล่งแสงสีเขียว
- CLK เป็นสัญญาณนาฬิกาให้จังหวะในการส่งข้อมูลให้กับโมดูล
- 4MCK เป็นสัญญาณนาฬิกาความถี่ 4 MHz ใช้เพื่ออ่านข้อมูล

ขั้นตอนการทำงานของโมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4

ให้โมดูลในแนวนอนที่เรียงต่อกันเป็น n โมดูลดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 การต่อโมดูลที่มีความกว้าง n โมดูล

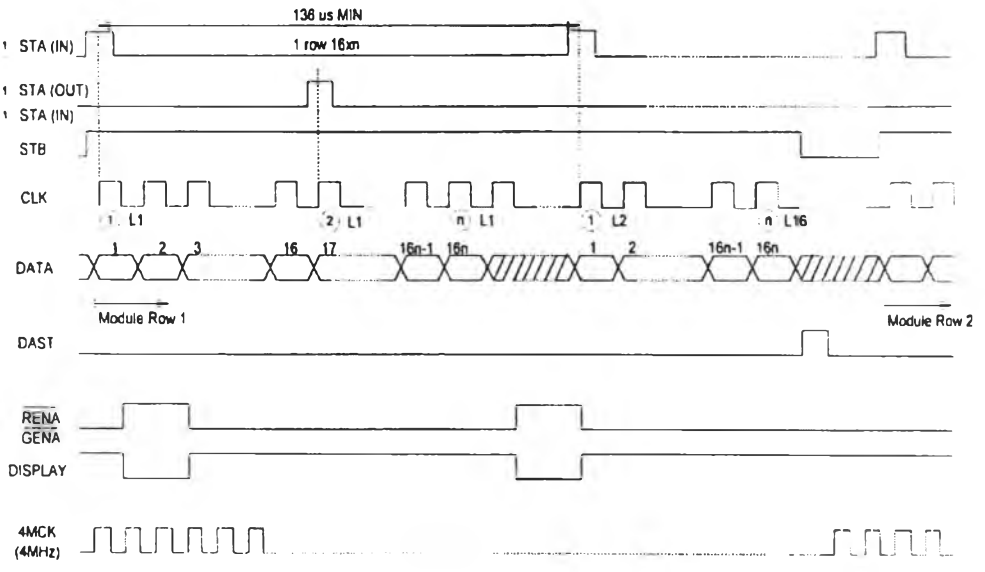
1. ให้สัญญาณ STB เป็น High กับโมดูลที่ต้องการให้รับสัญญาณข้อมูลไปแสดงผล (เป็น Low สำหรับโมดูลที่ไม่ต้องการชุดข้อมูลนั้น) จากนั้นให้สัญญาณ STA เป็นสัญญาณพัลส์ High และส่งสัญญาณข้อมูลสีแดงและสีเขียว (DATA R0~R3, G0~G3) พร้อมสัญญาณ CLK สลับกันจนส่งสัญญาณข้อมูลครบทั้งแถว

2. ส่งข้อมูลแถวต่อๆไปโดยให้สัญญาณ STA เป็นสัญญาณพัลส์ High เพื่อเริ่มการรับข้อมูลในแถวจุดภาพใหม่ และส่งข้อมูลสีพร้อมสัญญาณ CLK ไปจนครบทุกแถว (1 โมดูลมี 16 แถว)

3. ให้สัญญาณข้อมูลกับแถวโมดูลอื่น ตามขั้นตอน 1 , 2 จนครบทุกแถวในโมดูล

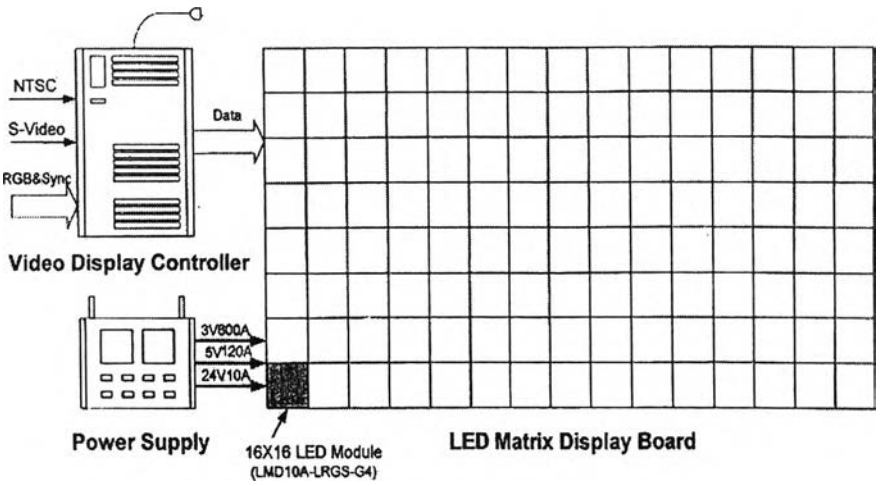
4. เมื่อส่งข้อมูลจนครบทุกโมดูลในแผงแล้วให้ส่งสัญญาณ DAST เป็นสัญญาณพัลส์ เพื่อคงค่าข้อมูลเพื่อใช้แสดงผล

5. การติดดับของ LED ควบคุมด้วยสัญญาณ /RENA , /GENA การควบคุมการติดดับโดยเมื่อให้สัญญาณเป็น LOW เพื่อให้แสดงค่าตามที่ต้องการ และให้เป็น High เพื่อให้ปิด LED ในส่วนนี้จะใช้ควบคุมอุณหภูมิโมดูลไม่ให้สูงเกินไปจนมีผลกระทบต่อการทำงานของไดโอดเปล่งแสง การควบคุมการติดดับขึ้นกับการออกแบบการติดตั้งแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงเป็นหลัก (เช่น มีพัดลมระบายอากาศหรือไม่)



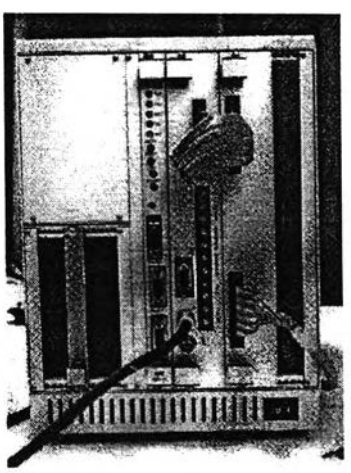
รูปที่ 2.16 การส่งสัญญาณควบคุมโมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4

การใช้งานแบบที่ 1 ใช้อุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพ (Video Display Controller) เป็นส่วนส่งข้อมูล [7,8]



รูปที่ 2.17 ระบบแผงแสดงภาพที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพ

ระบบแสดงผลนี้จะใช้งานกับแผงแสดงผลขนาด 20x15 โมดูล (รวม 300 โมดูล) ข้อมูลที่ต้องการแสดงบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงต้องผ่านอุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพ (Video Display Controller) เพื่อแปลงสัญญาณภาพที่อยู่ในรูปอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อส่งไปแสดงบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสง โดยผ่านขั้นตอนการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณ (Analog to Digital Converting) , การประมวลผลสัญญาณภาพ (Image Processing) และการควบคุมการแสดงภาพ (Display Control)



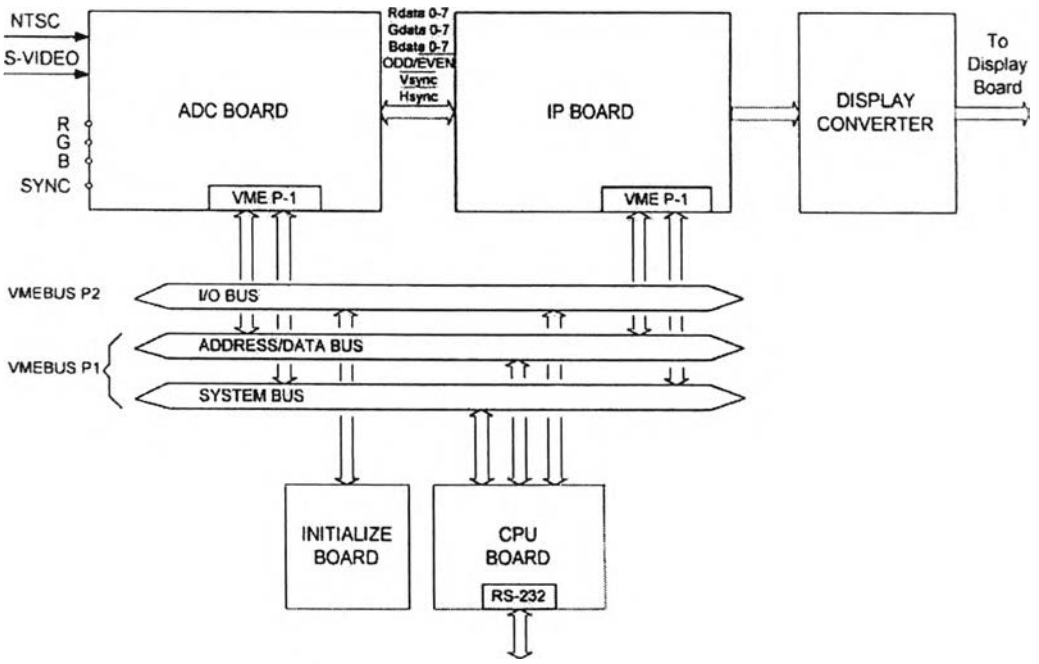
รูปที่ 2.18 อุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพรุ่น LVISION-F

หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบนี้จะใช้อุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพรุ่น LVISION-F เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมการแสดงภาพของแผงแสดงภาพสีไดโอดเปล่งแสง (Full color LED Display Board) รับสัญญาณภาพระบบ NTSC มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลและประมวลผลสัญญาณภาพเพื่อเปลี่ยนเป็นสัญญาณที่สามารถควบคุมการแสดงบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงได้ โดยมีคุณสมบัติดังนี้

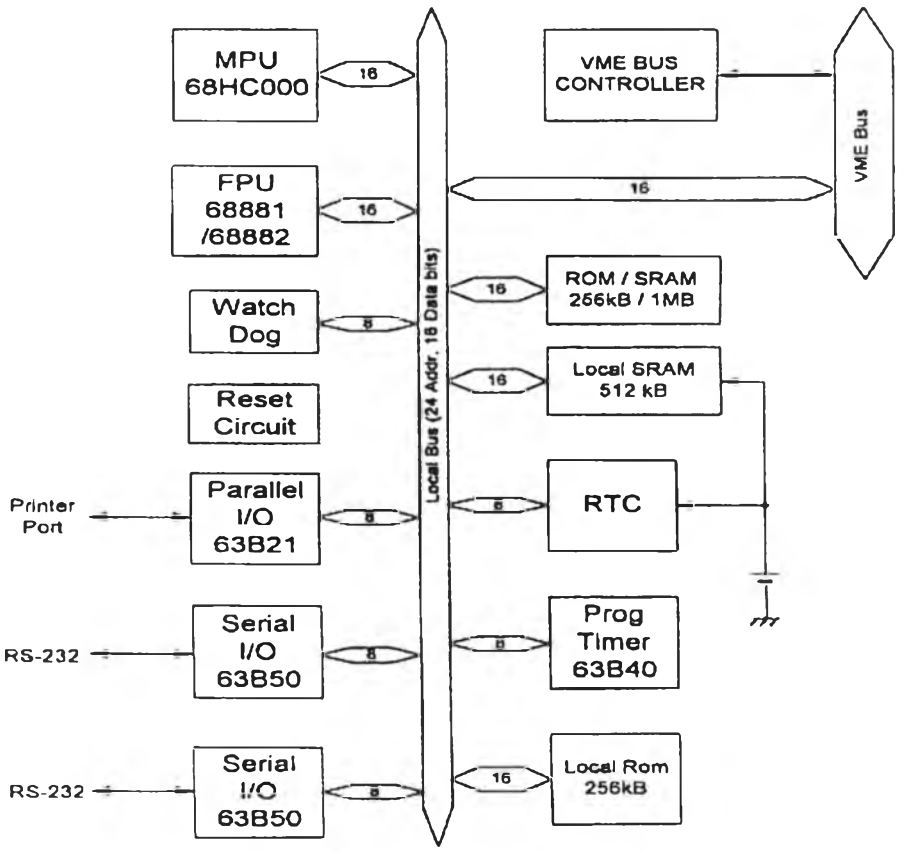
- รับสัญญาณภาพได้หลายรูปแบบ ได้แก่ NTSC , S-Video และ RGB Bitmap
- รับคำสั่งให้ประมวลผลสัญญาณภาพได้ เช่น ขยายภาพ (Zoom In) , ย่อภาพ (Zoom Out) , γ- Compensate , Color Compensate , Bright Compensate และ Super Impose

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพ จะแบ่งออกเป็นส่วนหลักๆ ดังรูปที่ 2.19 ซึ่งจะประกอบด้วย



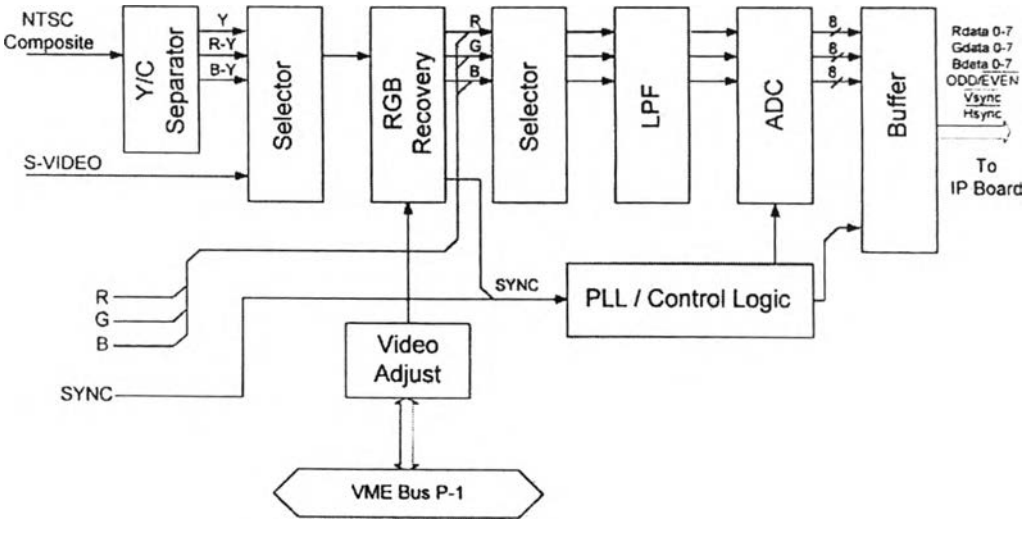
รูปที่ 2.19 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพ

CPU Board (Central Processing Unit Board) ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลางของระบบ คือ ควบคุมการทำงานในแต่ละส่วนให้สัมพันธ์กัน โดยติดต่อกับส่วนอื่นผ่านบัสข้อมูลขนาด 16 บิต ใช้ MPU 68HC000 เป็นตัวประมวลผลกลาง ร่วมกับหน่วยช่วยคำนวณ 68881 และประกอบด้วยส่วนอื่นๆ ที่สำคัญได้แก่ หน่วยความจำ โปรแกรมและหน่วยความจำข้อมูล , วงจรตั้งเวลา , ฐานเวลาจริง ,พอร์ตสัญญาณขาเข้า พอร์ตสัญญาณขาออก ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน เป็นต้น



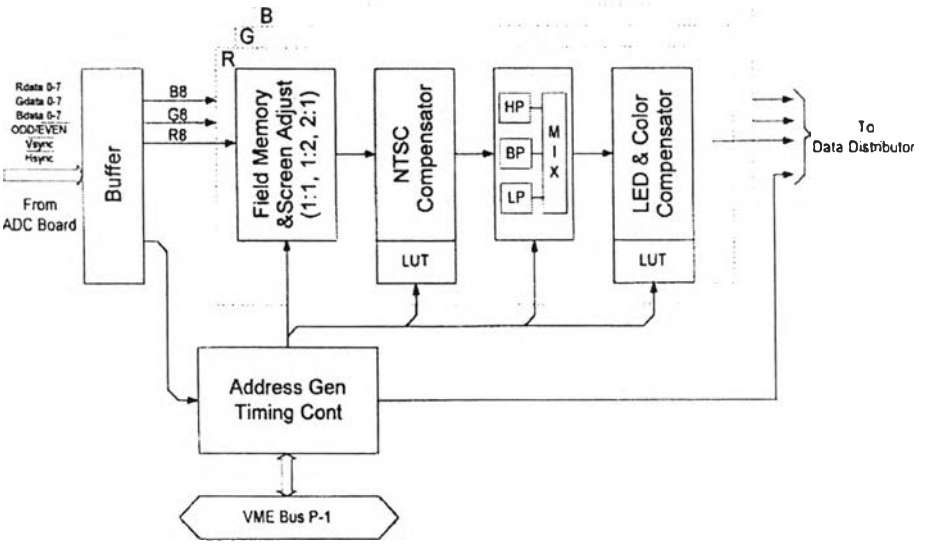
รูปที่ 2.20 บล็อกไดอะแกรมของบอร์ด CPU

ADC Board (Analog to Digital Converter Board) ทำหน้าที่แปลงสัญญาณภาพที่รับเข้ามาเป็นสัญญาณดิจิตอลเพื่อนำไปแสดงบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสง สามารถรับสัญญาณภาพได้หลายรูปแบบ ได้แก่ สัญญาณภาพรวมในระบบ NTSC , สัญญาณ S-Video รวมทั้งสัญญาณ RGB Bitmap ภายในบอร์ด ADC ประกอบด้วยวงจร Y/C Separator ซึ่งใช้แยกสัญญาณภาพรวมให้เป็น 3 สัญญาณ คือสัญญาณ Y , R-Y และ B-Y จากนั้นสัญญาณดังกล่าวจะผ่านวงจร RGB Recovery เพื่อแยกสัญญาณแต่ละสีออกจากกัน (สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน) ซึ่งเป็นสัญญาณหลักของภาพ สัญญาณแต่ละสีจะผ่านวงจรกรองผ่านต่ำ (Low Pass Filter : LPF) แล้วจึงนำสัญญาณที่ได้แปลงเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งต่อไปยัง IP Board ให้ประมวลผลสัญญาณต่อไป นอกจากวงจรที่กล่าวมานี้ บนบอร์ด ADC ยังมีวงจรที่สร้างสัญญาณเข้าจังหวะต่างๆ , วงจรปรับสัญญาณภาพ และบัฟเฟอร์ด้วย



รูปที่ 2.21 บล็อกไดอะแกรมของบอร์ด ADC

IP Board (Image Processing Board) ทำหน้าที่ประมวลผลสัญญาณข้อมูลดิจิตอลของภาพให้เหมาะกับการแสดงด้วยไดโอดเปล่งแสง เนื่องจากข้อมูลอนาล็อกจากภายนอกใช้สำหรับจอภาพปกติเท่านั้น การนำมาใช้กับไดโอดเปล่งแสงที่มีความเข้มแสงต่างกันโดยไม่มีการชดเชย (Compensate) ก่อนจะทำให้ภาพที่แสงมีสีผิดเพี้ยนไปได้ นอกจากการชดเชยเรื่องสีแล้วบอร์ด IP ยังใช้ปรับขนาดและสัดส่วนภาพให้เหมาะกับแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงที่ใช้ด้วย สัญญาณดิจิตอลสีต่างๆ ที่มีขนาดสีละ 8 บิตซึ่งเข้ามายังบอร์ด IP จะผ่านบัฟเฟอร์เข้าสู่วงจรประมวลผลสัญญาณ โดยวงจรมี 3 ชุดแยกตามสี สัญญาณที่เข้าวงจรประมวลผลสัญญาณจะถูกเก็บไว้ชั่วคราวในหน่วยความจำ และทำการปรับขนาดของภาพตามที่กำหนดไว้เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของแผงแสดงผล จากนั้นจะชดเชยสัญญาณภาพโดยการทำ NTSC (γ) Compensate , LED Compensate และ Color Compensate ด้วยวิธีการ Look-Up Table จนได้สัญญาณดิจิตอล RGB ขนาดสีละ 8 บิตที่พร้อมนำไปแสดงบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงแบบสี นอกจากวงจรที่กล่าวมาแล้วบนบอร์ด IP ยังมีวงจรสำหรับสร้างสัญญาณควบคุมที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมูลอยู่ด้วย



รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมของบอร์ด IP

DC Board (Display Converter Board) เนื่องจากสัญญาณข้อมูลที่ได้จากบอร์ด IP เป็นสัญญาณ RGB ขนาด 8 บิต ซึ่งใช้สำหรับแสดงผลบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงแบบสี แต่แผงแสดงผลที่ใช้ในระบบนี้เป็นแผงแบบ 2 สี โดยมีความละเอียดสีละ 4 บิต ดังนั้นจึงต้องมีบอร์ดแปลงข้อมูลภาพ เพื่อแปลงสัญญาณข้อมูล RGB ขนาดสีละ 8 บิตให้เป็นสัญญาณ RG ขนาดสีละ 4 บิต

จากที่กล่าวมาทั้งหมดขั้นตอนในการแสดงสัญญาณภาพบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงมีดังนี้

(ในส่วน ADC board)

1. Y/C Separate จะแยกสัญญาณความสว่าง (Y) , สัญญาณสี (R-Y , G-Y) และสัญญาณ Sync จากสัญญาณภาพรวมในระบบ NTSC

2. RGB Recover จะสร้างสัญญาณ RGB จากสัญญาณ Y , R-Y และ B-Y

3. A/D Convert แปลงสัญญาณสี RGB จากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล โดยการสุ่มสัญญาณ (Sampling) ด้วยความถี่ 12.3 MHz

(ในส่วน IP Board)

4. Screen Adjust เป็นขั้นตอนหดหรือขยายข้อมูลภาพให้เหมาะสมกับจอที่ต้องการแสดง

5. NTSC (γ) Compensate สัญญาณเข้าจะถูกชดเชยด้านกระแสกับความสว่างบนจอ CRT ซึ่งมีความสัมพันธ์แบบไม่เชิงเส้น โดย γ Compensate จะแก้กลับให้ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสและความสว่างเป็นเชิงเส้น

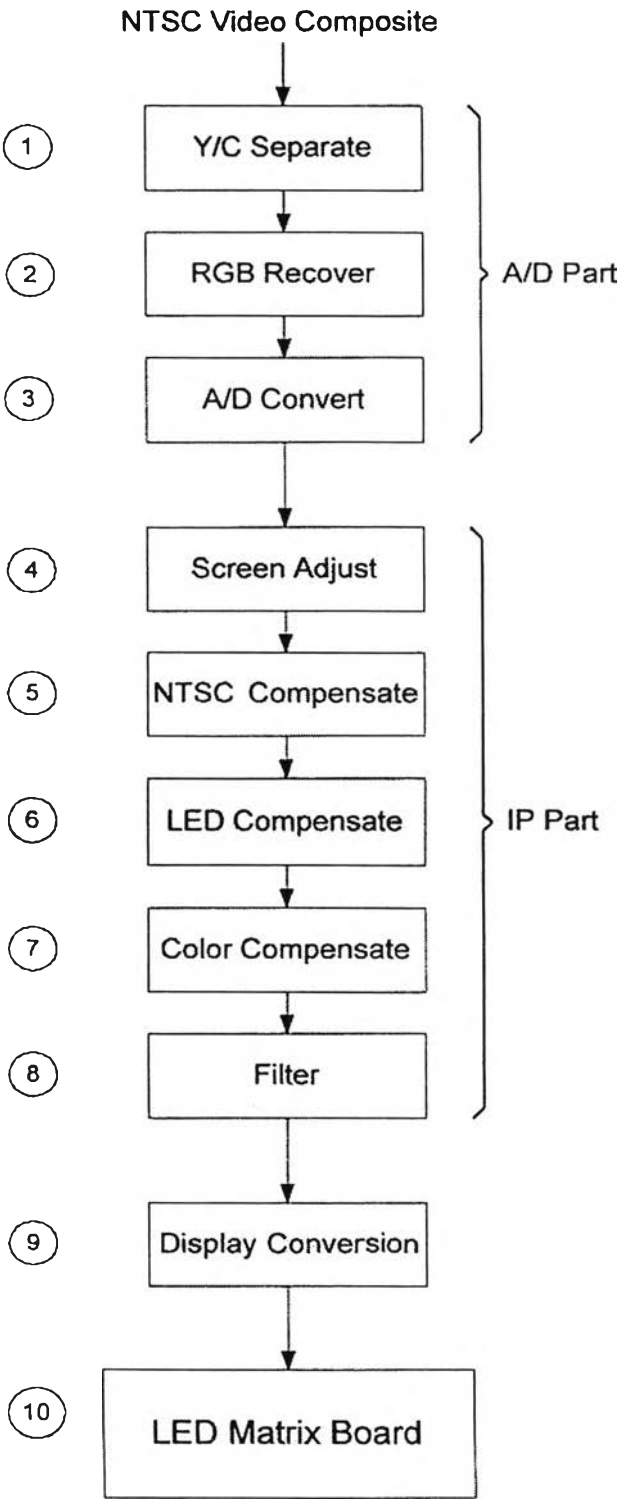
6. LED Compensate เป็นขั้นตอนชดเชยความสัมพันธ์ของกระแสและความสว่างของไดโอดเปล่งแสงให้เป็นแบบเชิงเส้น

7. Color Compensate ใช้ปรับสีให้เข้ากับความสว่างของสภาพแวดล้อม และอุณหภูมิของสี (Color Temperature)

8. Filter เป็นขั้นตอนปรับ Contrast , Brightness คำนวณค่าเพื่อปรับ Smoothness และ Edge Sharpness

9. Display Convert ใช้เปลี่ยนสัญญาณให้เป็นสัญญาณที่มีรูปแบบที่สามารถแสดงได้บนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงแบบ 2 สีได้

10. Display Screen เป็นแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงชนิด 2 สี

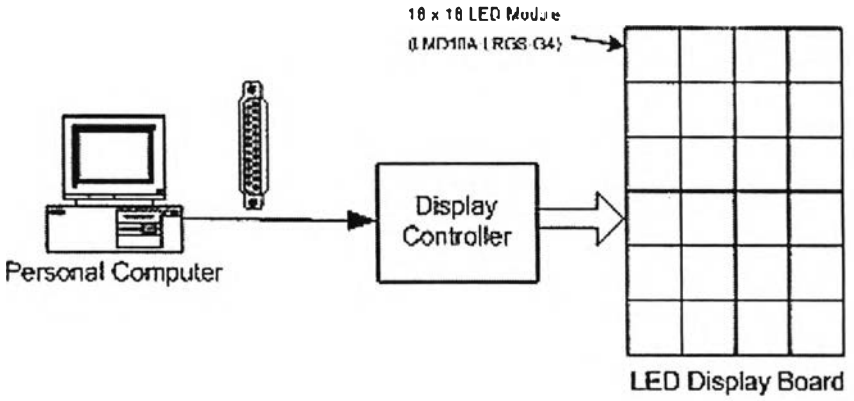


รูปที่ 2.23 ขั้นตอนการแสดงภาพด้วยอุปกรณ์ควบคุมการแสดงภาพ

การใช้งานแบบที่ 2 ใช้คอมพิวเตอร์เป็นส่วนส่งข้อมูล [9]

ระบบนี้จะใช้งานกับแผงแสดงภาพขนาดกว้าง 16 โมดูล สูง 8 โมดูล โดยใช้สัญญาณภาพจากหน้าจอคอมพิวเตอร์เป็นข้อมูลในการแสดงภาพบนแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสง ข้อมูลสีและสัญญาณควบคุมจากคอมพิวเตอร์จะถูกส่งผ่านออกทางพอร์ตขนาน (Parallel port) ไปยังวงจรควบคุมการแสดงผล (Display Controller) เพื่อเปลี่ยนสัญญาณควบคุมให้เหมาะสมที่จะใช้ควบคุมแผงแสดงภาพ แล้วจึงส่งสัญญาณข้อมูลสีจากวงจรควบคุมการแสดงผลไปยังแผงแสดงภาพไดโอดเปล่งแสงพร้อมกับสัญญาณควบคุมต่างๆ

ในส่วนจับภาพจะใช้โปรแกรม Visual C++ เขียนโปรแกรมขึ้นมาเพื่อจับภาพหน้าจอ แล้วแปลงข้อมูลหน้าจอให้เป็นข้อมูลสีในแต่ละจุดภาพในรูปของบิตแมป แล้วจึงส่งข้อมูลสีออกทางพอร์ตขนาน โดยสัญญาณที่ออกทางพอร์ตขนานจะมีดังนี้



รูปที่ 2.24 การทำงานของระบบแผงแสดงภาพที่ใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวส่งข้อมูล

Pin No. on DB25	Signal	Function of Signal
1	CLR	Clear Counter
2	DATA R0	Data Bit 0 of Red LED
3	DATA R1	Data Bit 1 of Red LED
4	DATA R2	Data Bi t2 of Red LED
5	DATA R3	Data Bit 3 of Red LED
6	DATA G0	Data Bit 0 of Green LED
7	DATA G1	Data Bit 1 of Green LED
8	DATA G2	Data Bit 2 of Green LED
9	DATA G3	Data Bit 3 of Green LED
13	DAST	Handshake
14	ComCLK	Clock for write cycle
16	/WE	Write Enable
17	/OE	Output Enable
18-25	GND	Ground

ตารางที่ 2.1 สัญญาณข้อมูลสีและสัญญาณควบคุมจากพอร์ตขนาน

ส่วนสัญญาณควบคุมต่างๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในโมดูลไดโอดเปล่งแสงรุ่น LMD10A-LRGS-G4 เช่น STA , STB , DAST , /RENA , /GENA จะถูกสร้างจากวงจรควบคุมการแสดงภาพ โดยใช้สัญญาณ CLK ในวงจรควบคุมการแสดงภาพเป็นตัวสร้างขึ้น

ในส่วนของวงจรควบคุมการแสดงผลอาจแบ่งออกเป็นวงจร 2 ส่วนใหญ่คือ

- วงจรสร้างสัญญาณควบคุม
- วงจรขยายและแยกสัญญาณ

ซึ่งแต่ละส่วนจะมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

วงจรสร้างสัญญาณควบคุม

เป็นส่วนที่ติดต่อกับพอร์ทขนานของคอมพิวเตอร์ ทำการจัดเก็บข้อมูลที่ได้จากคอมพิวเตอร์ โดยสัญญาณจากพอร์ทขนานมีดังนี้

ข้อมูลที่เข้าออก RAM จะใช้สัญญาณ /OE เป็นตัวเลือกให้ RAM รับสัญญาณจากภายนอกเข้าเก็บภายใน หรือส่งข้อมูลภายในออกสู่ภายนอก โดยข้อมูลสีจากคอมพิวเตอร์จะใช้ Line Drivers 3 State Output เป็นตัวรับสัญญาณและส่งต่อมายัง RAM โดยในการเขียนข้อมูลลง RAM จะใช้สัญญาณนาฬิกาจากคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม เพื่อให้สัมพันธ์กับความเร็วของข้อมูลสีที่มาจากคอมพิวเตอร์เอง ส่วนในการอ่านข้อมูลจาก RAM ส่งออกไปยังแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 4 MHz เพื่อให้เหมาะสมกับความความเร็วในการทำงานของแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสง

เนื่องจากแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสงสำหรับระบบนี้มีขนาดคงที่ ดังนั้นจึงใช้สัญญาณ CLK ขนาด 4 MHz กำหนดข้อมูลแต่ละจุดภาพ , การเริ่มแถวใหม่ , การเปลี่ยนแถวโมดูล รวมถึงการแสดงภาพด้วย โดยใช้วงจรนับเป็นตัวสร้างค่าสัญญาณ STA , สัญญาณ STB ของแต่ละแถวโมดูล และสัญญาณ DAST โดยเมื่อสัญญาณ CLK ครบ 256 ครั้ง วงจรควบคุมการแสดงผลจะสร้างสัญญาณ STA ขึ้นครั้งหนึ่ง และเมื่อวงจรนับนับครบ 4096 ครั้ง (16 แถว x 256 จุดภาพ) ก็เปลี่ยนค่า STB ที่ควบคุมแถวโมดูลเพื่อให้แถวโมดูลถัดไปรับค่าต่อไป เมื่อ STB และเมื่อจุดภาพทุกจุดได้รับข้อมูลแล้ว (8 แถวโมดูล x 16 แถว x 256 จุดภาพ) วงจรก็จะสร้างสัญญาณ DAST ขึ้นเพื่อคงค่าข้อมูลเพื่อแสดงผลต่อไป

วงจรขยายและกระจายสัญญาณ

ในวงจรควบคุมการแสดงผลนี้จะใช้การขยายสัญญาณแบบผลต่างสายคู่ (Differential Line) ส่งสัญญาณไปบอร์ดกระจายสัญญาณบนแผงแสดงผลไดโอดเปล่งแสง เพื่อลดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลระยะไกลผ่านสายแพร์ (pair)

บอร์ดกระจายสัญญาณ (Distribution board) หน้าที่หลักในส่วนนี้คือรับและปรับแต่งสัญญาณที่รับเข้ามาจากสายแพร์ที่ส่งด้วยผลต่างสายคู่ ก่อนที่จะกระจายสัญญาณไปยังแต่ละแถวโมดูล