บทที่ 4

เทคโนโลยีของอุปกรณ์ติดผิวและการออกแบบผลิตภัณฑ์

เทคโนโลยีการติดผิว

เทคโนโลยีการติดผิว (Surface Mount Technology : SMT) คือระบบหรือกระบวนการที่ใช้วางอุปกรณ์ติดผิว (Surface Mount Components : SMCs / Surface Mount Devices : SMDs) บนแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board : PCB)

อุปกรณ์ติดผิว (SMCs/SMDs) คืออุปกรณ์ที่มีขาขนาดเล็กหรือไม่มีขา ซึ่งจะถูกบัดกรีบนผิวของแผ่นวงจรพิมพ์โดยตรง

1. ประวัติของเทคโนโลยีการติดผิว

เริ่มต้นในช่วงทศวรรษที่ 1950 ใช้ในการผลิต flat packs ในวงการทหาร ต่อมาเริ่มใช้มากในวงจรไฮบริด ซึ่งใช้เซรามิกเป็นชั้นฐาน ในช่วง 1970 อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์มีการลดขนาดผลิตภัณฑ์ เพื่อลดต้นทุนการผลิต อุปกรณ์ที่ใช้มากคือ ตัวต้านทาน(resistors) และตัวเก็บประจุ(capacitors) ถูกทำให้มีขนาดเล็กลง แผ่นวงจรพิมพ์มีขนาดเล็กลง และสามารถใช้เครื่องมือในการวางอุปกรณ์ที่มีความเร็วสูง ต่อมาในช่วง 1980 อุตสาหกรรมแผงวงจรไอซี (integrated circuit industry) มีความซับซ้อนมากขึ้น มีการเพิ่มจำนวนขาต่อมากกว่า 100 ขา ปัจจุบันอุสาหกรรม SMT ก้าวหน้าอย่างมาก อุปกรณ์ SMD ถูกใช้ในผลิตภัณฑ์เกือบทุกชนิด

2. เหตุผลที่ต้องใช้เทคโนโลยีการติดผิว

ข้อดีที่แสดงให้เห็นชัดเจนคือ น้ำหนักและขนาดที่ลดลง ลดค่าใช้จ่ายของแผ่นวงจรพิมพ์ สามารถใช้เครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ และอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ ควบคุมการผลิตให้มีคุณภาพมากขึ้น ความสามารถในการผลิตเพิ่มมากขึ้นโดยต้นทุนต่ำลง การจัดเก็บอุปกรณ์ติดผิวใช้พื้นที่ประมาณ 10% ของอุปกรณ์แบบเดิม

ข้อเสียคืออุปกรณ์ต่างๆ มีการพัฒนาช้า ไม่สามารถสร้างเป็นอุปกรณ์ติดผิวได้ทุกชนิด การทดสอบแผ่นวงจรพิมพ์ทำได้ยาก เนื่องจากอุปกรณ์อยู่ใกล้กันมาก ต้องใช้ขาต่อสำหรับ

ทดสอบโดยเฉพาะ แผ่นวงจรพิมพ์มีความซับซ้อนมากขึ้น ต้องใช้เครื่องมือในการวางอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ ทำให้ค่าใช้จ่ายสูง และมีความจำเป็นที่จะต้องศึกษาเทคโนโลยีใหม่ๆเสมอ

3. <u>การแบ่งประเภทของการประกอบอุปกรณ์ติดผิว</u> (Rowland and Belangia, 1993)

การประกอบอุปกรณ์ติดผิว แบ่งได้เป็น 2 ชนิด ตามตำแหน่งของการวางอุปกรณ์

Type 1 ติดอุปกรณ์เพียงด้านเดียวของแผ่นวงจรพิมพ์

Type 2 ติดอุปกรณ์ทั้ง 2 ด้านของแผ่นวงจรพิมพ์

แต่ละชนิดยังแบ่งได้อีก 3 ขั้น ตามชนิดของอุปกรณ์ที่นำมาประกอบ

Class A ใช้อุปกรณ์เสียบทะลุอย่างเดียว

Class B ใช้อุปกรณ์ติดผิวอย่างเดียว

Class C ใช้อุปกรณ์ทั้งแบบเสียบทะลุและแบบติดผิว

4. <u>ขั้นตอนกระบวนการประกอบ</u>

กระบวนการผลิตจะมีขั้นตอนมากหรือน้อย ขึ้นกับชนิดของการประกอบและอุปกรณ์ที่ใช้ โดยส่วนใหญ่จะมีลำดับขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 4.1

ตัวอย่างขั้นตอนการประกอบแบบ Type 2C มีลำดับดังนี้

4.1. พิมพ์กาว solder paste (screen print)

4.2. วางอุปกรณ์ SMC (pick & place)

4.3. อบกาวให้แห้ง (dry paste)

4.4. หลอมตะกั่ว (reflow solder)

4.5. ล้าง (clean)

4.6. ใส่อุปกรณ์แบบเสียบรูทะลุ (through hole components)

4.7. พลิกแผ่นวงจรพิมพ์

4.8. หยอดกาว (adhesive)

4.9. วางอุปกรณ์ SMC

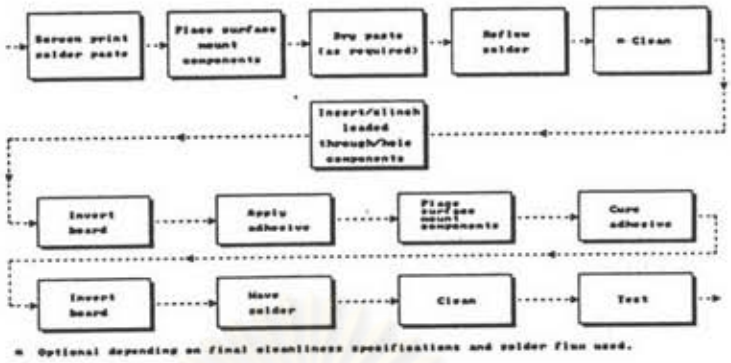
4.10. อบกาวให้แห้ง (cure adhesive)

4.11. พลิกแผ่นวงจรพิมพ์

4.12. บัดกรี (wave solder)

4.13. ล้าง

4.14. ทดสอบ (test)



Surface Mount Assembly Type 2C Complex.

รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการประกอบ อุปกรณ์ติดผิว

5. มาตรฐานตัวถังของอุปกรณ์ติดบนผิวหน้า (นรินทร์ ว่องพงศาวิวัฒน์,2533)

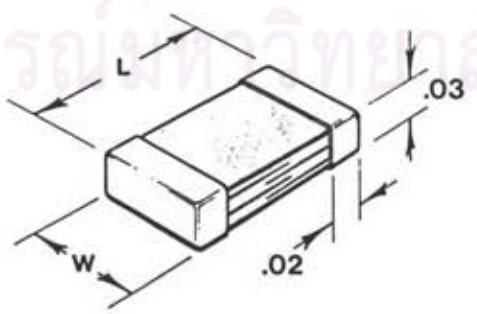
ในการนำเทคโนโลยีการติดอุปกรณ์บนผิวหน้า (Surface-Mounted Technology) มาใช้ในการผลิต ก็เพื่อที่จะสามารถติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ โดยเครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ เป็นการลด ต้นทุนการผลิต จึงมีความจำเป็นในการกำหนด มาตรฐาน ขนาดอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อความสะดวกในการใช้เครื่องวางอุปกรณ์อัตโนมัติ และการออกแบบลายวงจร

ปัจจุบันการกำหนดมาตรฐานของอุปกรณ์ติดบนผิวหน้า ยังไม่สามารถครอบคลุมจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมดได้ แต่ได้มีการกำหนดมาตรฐานออกมาเฉพาะอุปกรณ์ที่จำเป็น เช่น

5.1 อุปกรณ์แบบแท่งสี่เหลี่ยม

ส่วนใหญ่เป็นอุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ เช่น ตัวต้านทาน และตัวเก็บประจุ ตัวถังมีลักษณะเป็นแท่งสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบนๆ ที่ปลายทั้งสองด้านจะเคลือบโลหะสำหรับบัดกรี รหัสที่ใช้บอกขนาด เป็นตัวเลข 4 หลัก

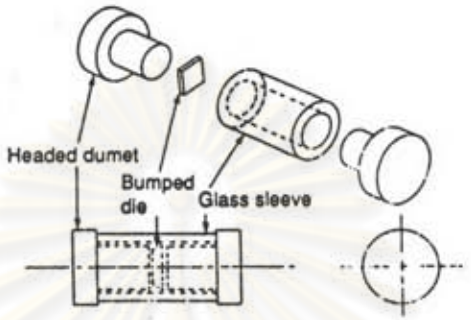
รหัส (ขนาด)
0805 (.08"x.05")
1206 (.12"x.06")
1210 (.12"x.09")
1812 (.18"x.12")
2225 (.22"x.25")



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างอุปกรณ์แบบแท่งสี่เหลี่ยม (chip) (JOHN E.TRAISTER,1990)

5.2 อุปกรณ์แบบแท่งกลม

นิยมใช้กับไดโอดและตัวต้านทาน อุปกรณ์ทำด้วยหลอดแก้วเล็กๆ ปิดด้วยโลหะทั้งสองด้านใช้เป็นจุดบัดกรี อุปกรณ์ที่เป็นตัวต้านทานใช้ชื่อว่า MELF (Metal Electrode Face Bounding) ถ้าเป็นไดโอดใช้ชื่อว่า SOD (Small Outline Diode)



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างอุปกรณ์แบบ MELF (CARMEN CAPILLO,1990)

5.3 อุปกรณ์แบบ SOT

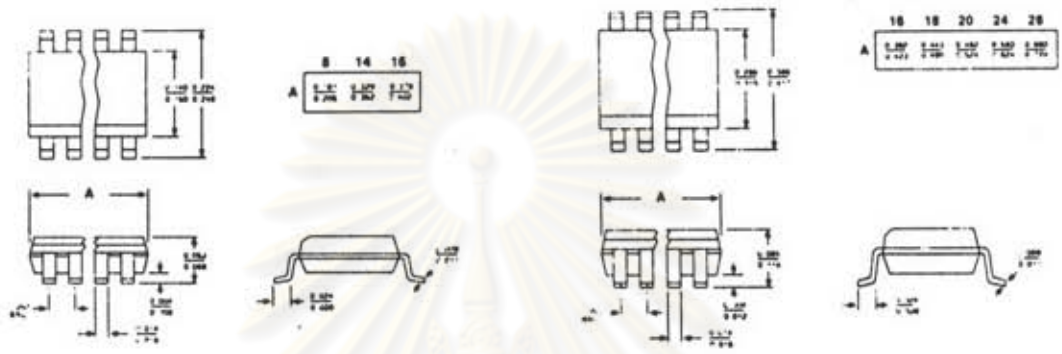
SOT (Small Outline Transistor) ใช้กับอุปกรณ์ทรานซิสเตอร์ และไดโอด การกำหนดตำแหน่งขาต่างๆ ขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต

รูปที่ 4.4 ตัวอย่างอุปกรณ์แบบ SOT 23 (CARMEN CAPILLO,1990)

5.4 SOIC

SOIC (Small Outline Integrated Circuit) เป็นอุปกรณ์มาตรฐานสำหรับวงจรรวม หรือ ไอซี มีรูปร่างคล้ายกับแบบ DIL(นรินทร์ ว่องพงศาวิวัฒน์, 2533)หรือDIP(Dual In

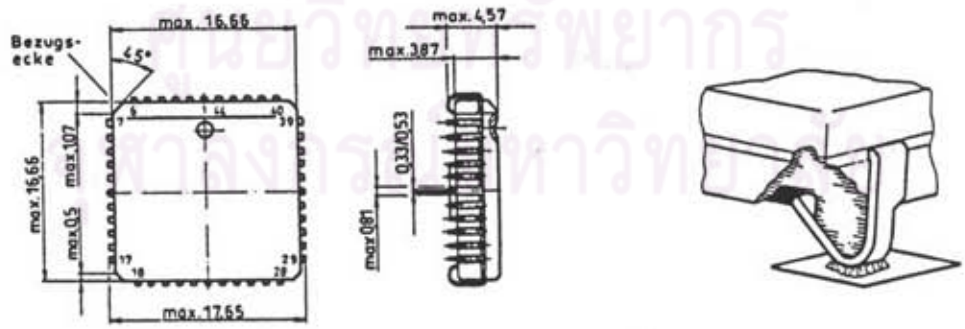
Line Package) แต่มีขนาดเล็กกว่า ระยะ ห่างระหว่างขา 1.27 มิลลิเมตร จำนวนขาของ SOIC มีตั้งแต่ 8 ขา จนถึง 40 ขา โดยมีความกว้าง ของตัวถัง 2 ขนาดคือ 4 และ 7.6 มิลลิเมตร ขาแรกของ SOIC จะดูจากด้านที่ตัวถังโดนหักมุมลง ในกรณีของ SOIC 40 ขา ระยะห่างระหว่างขาจะถูกลดลง มาเป็น 0.76 มิลลิเมตร บางครั้ง เรียกว่า VSO40 (Very Small Outline IC)



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างอุปกรณ์ SOIC

5.5 PLCC ,PCC (JOHN E.TRAISTER,1990)

PLCC (Plastic Leaded Chip Carrier) ตัวถังลักษณะสี่เหลี่ยมจัตุรัส มีขาต่อทั้ง 4 ด้าน มีจำนวนขาตั้งแต่ 20 ขาจนถึง 84 ขา ลักษณะขาจะพับงอเข้าหาตัว และสอดเข้าใต้ตัวถัง เมื่อติดบนผิวหน้า ตัวถังจะลอยอยู่เหนือบอร์ดเล็กน้อย ระยะห่างระหว่างขา เท่ากับ 1.27 มิลลิเมตร ขาแรกดูจากขากลางซึ่งซ้ายมือของมันจะเป็นมุมตัด หรือมีจุดแสดงใต้ขา 1



รูปที่ 4.6 ตัวอย่างอุปกรณ์แบบ PLCC

การออกแบบผลิตภัณฑ์

1. ขนาดแผ่นวงจรพิมพ์

แผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้ในโครงงานนี้ ออกแบบโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ PROTEL Autotrax เป็นเครื่องมือช่วยในการวางตำแหน่งอุปกรณ์ , การเชื่อมโยงลายวงจร ฯลฯ ทำให้การออกแบบลายวงจรทำได้ง่าย สะดวกรวดเร็ว และเพื่อให้ได้แผ่นวงจรพิมพ์ที่มีขนาดเล็ก จึงใช้อุปกรณ์ติดผิวหน้าร่วมด้วย รูปที่ 4.7 แสดงขนาดพื้นที่ (foot-print) เปรียบเทียบระหว่างการใช้ตัวต้านทานแบบเสียบทะลุแผ่น (through hole component ขนาด AXIAL0.5) กับการใช้อุปกรณ์ติดผิว (SMD ขนาด 1210)

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบขนาดพื้นที่ระหว่าง AXIAL0.5 กับ 1210

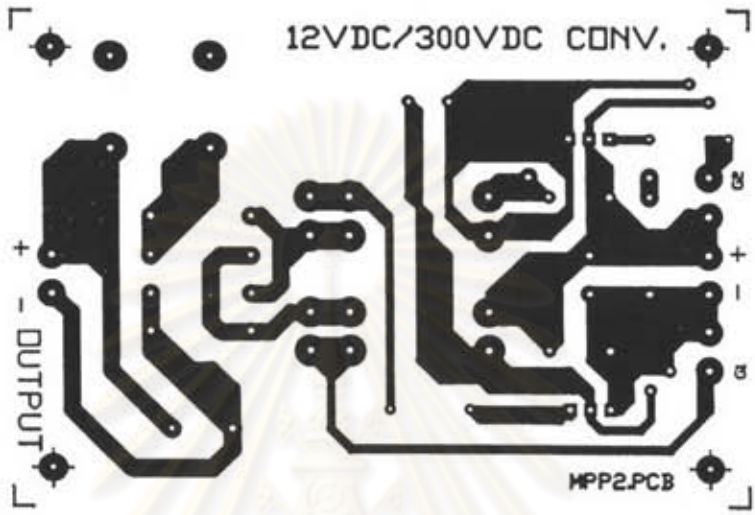
รูปที่ 4.8 แสดงขนาดพื้นที่ (foot-print) เปรียบเทียบระหว่างการใช้ ไดโอดแบบเสียบรูทะลุแผ่นวงจร (through hole diode ขนาด DIODE0.5) กับการใช้ไดโอดแบบติดผิว (SOD)

รูปที่ 4.8 เปรียบเทียบขนาดพื้นที่ระหว่าง DIODE 0.5 กับ SOD / MELF

จากการที่ใช้พื้นที่เล็กลง และสามารถวางอุปกรณ์ติดผิว (ด้านล่างของแผ่นวงจร) ไว้ได้ อุปกรณ์แบบเสียบรูทะลุ (ด้านบนของแผ่นวงจร) จะเห็นว่าการใช้ SMD จะทำให้ขนาดของแผ่นวงจรพิมพ์เล็กลงได้ แต่ในโครงงานนี้ไม่สามารถใช้อุปกรณ์ติดผิวได้หมด เนื่องจากอุปกรณ์บางชนิดยังไม่สามารถผลิตเป็นแบบติดผิวได้ เช่นอุปกรณ์กำลัง (หม้อแปลง, เพาเวอร์มอสเฟต), อุปกรณ์ทนแรงดันสูง (ตัวเก็บประจุ 400 โวลต์) และอุปกรณ์บางตัวที่ผู้วิจัยไม่สามารถจัดหามาได้ในรูปของอุปกรณ์ติดผิว เช่นไอซี (SOIC) , ทรานซิสเตอร์ขนาดเล็ก (SOT) กอรปกับผู้วิจัยยังไม่มีความชำนาญในการใช้อุปกรณ์ติดผิว จึงต้องเผื่อพื้นที่สำหรับการหยิบจับอุปกรณ์, การตรวจวัด ทำให้แผ่นวงจรพิมพ์ (1 หน้า) ที่ออกแบบ มีขนาดค่อนข้างใหญ่ (คือสามารถลดขนาดลงได้อีก)

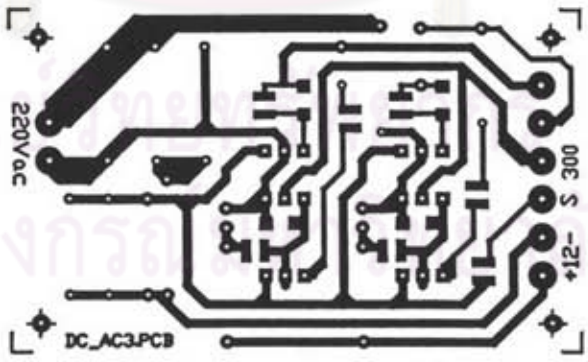
แผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้ในโครงงานนี้ มีทั้งหมด 4 แผ่น ดังนี้

1.1. MPP.PCB เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง (Modified Push-Pull) มีขนาด 67x95 = 6,365 mm.^{2} แสดงในรูปที่ 4.9



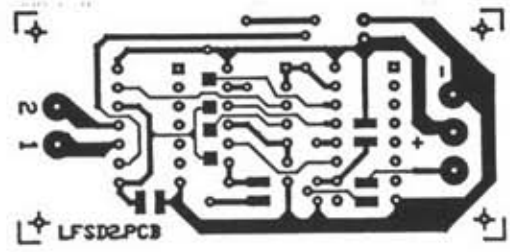
รูปที่ 4.9 แผ่นวงจรพิมพ์ MPP.PCB (ด้านลายทองแดง)

1.2. DC_AC.PCB เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟสลับ และวงจรขับนำสวิตช์ ความถี่ต่ำ มีขนาด 46x74 = 3,404 mm.^{2} แสดงในรูปที่ 4.10



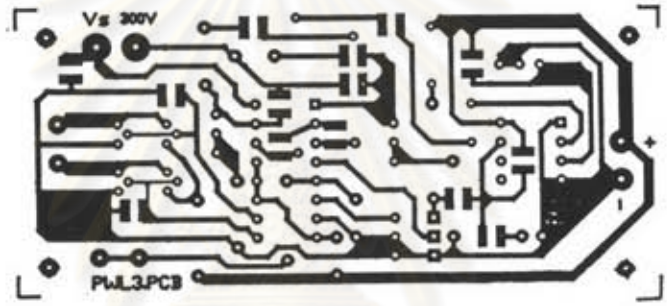
รูปที่ 4.10 แผ่นวงจรพิมพ์ DC_AC.PCB (ด้านลายทองแดง)

1.3. LFSD.PCB เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรหารความถี่และจัดสัญญาณรูปคลื่น มี ขนาด 31x63 = 1,953 mm.^{2} แสดงในรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แผ่นวงจรพิมพ์ LFSD.PCB (ด้านลายทองแดง)

1.4. PWL.PCB เป็นแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรตรวจสอบแรงดันด้านเข้า, วงจรป้อนกลับแรงดันออก, วงจรป้องกันกระแสเกิน, วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่สูง, วงจรมอดูเลเตอร์, วงจรขับนำสวิตช์ความถี่สูง แผ่นวงจรมีขนาด 39x83 = 3,237 mm.^{2} ดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แผ่นวงจรพิมพ์ PWL.PCB (ด้านลายทองแดง)

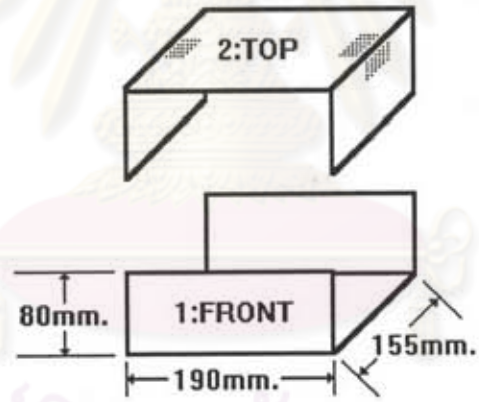
ขนาดพื้นที่รวมทั้งหมดเท่ากับ 6365+3404+1953+3237 = 14,959 mm.^{2} การจัดวางแผ่นวงจรพิมพ์ จะให้ส่วนวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรงอยู่บริเวณกึ่งกลาง เนื่องจากมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากที่สุด และการยึดแผ่นระบายความร้อนเข้ากับบริเวณด้านล่างกล่อง จะทำให้การนำความร้อน และการเฉลี่ยน้ำหนักกล่องได้ดีกว่า การยึดไว้ที่มุมใดมุมหนึ่ง

2. <u>กล่องบรรจุ</u>

กล่องที่ใช้บรรจุอุปกรณ์ จะต้องมีพื้นที่ด้านล่างมากกว่าพื้นที่รวมของแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด (14,959 mm.^{2}) โดยกำหนดให้แผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมด วางในระนาบเดียวกัน และถูกยึดติดกับแผ่นล่างของกล่อง และกล่องมีความสูงมากกว่าอุปกรณ์ที่สูงที่สุดคือ พัดลมระบายอากาศซึ่งสูงประมาณ 60 mm. ตัวกล่องจะต้องมีโครงสร้างที่แข็งแรง และสามารถเจาะรูตกแต่งได้ง่าย ทำจากวัสดุที่นำความร้อนได้ดี เพราะจะใช้เป็นแผ่นระบายความร้อนของวงจรด้วย และเนื่องจากในปัจจุบันมีผู้ผลิตกล่องสำเร็จรูปขึ้นมาก ทำขึ้นจากวัสดุหลายชนิดและหลายขนาด จึงคัดเลือกจากกล่องสำเร็จรูปที่มีขาย (ถ้าคัดเลือกไม่ได้ จะต้องออกแบบกล่อง, ตัด, พับ ด้วยตนเอง)

กล่องสำเร็จรูปที่เลือกได้มีขนาด (กว้างxยาวxสูง) เท่ากับ 155x190x80 $mm.^3$ มีส่วนประกอบ 2 ชิ้น ส่วนประกอบชิ้นแรกมีลักษณะรูปตัวยู (U) เป็นด้านหน้า-ด้านล่าง-ด้านหลังของกล่อง ทำจากอลูมิเนียมหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร โดยด้านล่างมียางทรงกระบอกตันหนาประมาณ 8 มิลลิเมตร จำนวน 4 ชิ้นรองรับทำให้ ด้านล่างกล่องสูงขึ้นจากพื้น(ที่วางกล่อง) เพื่อให้มีช่องว่าง สำหรับหัวน็อตที่ใช้ยึดแผ่นวงจรพิมพ์ภายในกล่องจากด้านล่าง เหตุที่เลือกใช้วัสดุอลูมิเนียม เพราะสามารถ เจาะรูตกแต่งได้ง่าย และใช้เป็นแผ่นระบายความร้อน (สำหรับวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง) ที่มีคุณสมบัตินำความร้อนได้ดี

ส่วนประกอบชิ้นที่ 2 มีลักษณะรูปตัวยูคว่ำ (∩) เป็นด้านซ้าย-ด้านบน-ด้านขวา วางขวางกับชิ้นแรก ทำจากแผ่นเหล็กหนาประมาณ 1 มิลลิเมตร บริเวณใกล้รอยพับฉากทั้งสองข้าง ถูกเจาะรู (punch) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร เป็นพื้นที่ (กว้างxยาว) ข้างละ 45x60 $mm.^2$ สำหรับระบายอากาศ เหตุที่เลือกใช้วัสดุเหล็กก็เพื่อให้โครงสร้างกล่องมีความแข็งแรง รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะของกล่องที่เลือกใช้



รูปที่ 4.13 กล่องที่เลือกใช้

3. <u>แผ่นระบายความร้อน</u>

ส่วนที่จะเกิดความร้อนขึ้นคือ สวิตช์ MOSFET ทั้งสองตัวของวงจรแปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ในการใช้งานจึงต้องติดตั้งบนแผ่นระบายความร้อน (Heat Sink) โดยกำหนดให้อุณหภูมิสูงสุดที่ตัวถังมอสเฟตเท่ากับ 75 องศาเซลเซียส จากข้อมูลของผู้ผลิต (ดูรูปที่ 4.14 ประกอบ) จะได้กำลังสูญเสียความร้อน (P_D) สูงสุดเท่ากับ 75 วัตต์ หรือเท่ากับ 17.925 cal/sec (Q=75x0.239) สามารถคำนวณขนาดแผ่นระบายความร้อนได้จากสมการที่ 4.1 (Steinberg, 1980)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

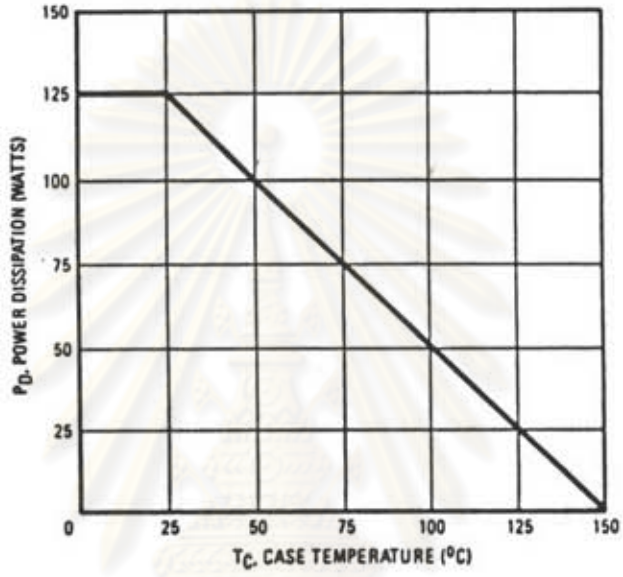
ผลต่างอุณหภูมิ $$\Delta t = \frac{Q.L}{K.A} \quad (4.1)$$

Q = กำลังที่สูญเสียเป็นความร้อน (cal/sec)

K = ความนำความร้อน (cal/(sec.cm.$^{\circ}$C))

L = ความยาว (cm.)

A = พื้นที่หน้าตัด (cm.^{2})



รูปที่ 4.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังกับอุณหภูมิ ของ MOSFET (IRFZ40)

เลือกแผ่นระบายความร้อนที่ทำจากวัสดุอะลูมิเนียม (K_{Al} = 0.52 cal/(sec.cm.$^{\circ}$C)) มีความหนาประมาณ 1.5 มิลลิเมตรและกำหนดให้อุณหภูมิที่ปลายของแผ่นอะลูมิเนียมเท่ากับ 30°C (Δt = 75-30 = 45 $^{\circ}$C) และระหว่างตัวถังของมอสเฟตกับแผ่นอะลูมิเนียมจะทาซิลิโคน (Silicone grease) มีสถาพนำความร้อน $K_{si\text{-}g}$ = 0.00049 cal/(sec.cm.$^{\circ}$C) มีความหนาประมาณ 0.01 มิลลิเมตร (L_1 = 0.001 cm.) ขนาดตัวถังของมอสเฟต (กว้างxยาว) เท่ากับ 1.05x1.51 cm.^{2} (A_1 = 1.5855 cm.^{2})

คำนวณผลต่างอุณหภูมิเนื่องจากซิลิโคน Δt_1

$$\Delta t_1 = \frac{Q.L_1}{K_{si-g}.A_1} = \frac{17.925 \times 0.001}{0.00049 \times 1.5855} = 23.07 \quad ^{\circ}C \quad (4.2)$$

ผลต่างอุณหภูมิทั้งหมด $$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 \quad (4.3)$$

ดังนั้นผลต่างอุณหภูมิเนื่องจากอะลูมิเนียม $\Delta t_2 = \Delta t - \Delta t_1$ = 45-23.07 = 21.93 $^{\circ}$C (4.4)

ถ้ากำหนดให้แผ่นอลูมิเนียมรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสมีขนาด YxY cm.^{2} และยึดมอสเฟตไว้ที่บริเวณกึ่งกลาง ทำให้ความร้อนจากมอสเฟตผ่านซิลิโคน แล้วกระจายออกทั้งสี่ด้าน คิดเฉพาะความกว้าง

ของตัวถังมอสเฟต (worst case) (นั่นคือเฉลี่ยพื้นที่ A_2 = 1.05x0.15 cm.^{2} และระยะ L_2 = Y/2 cm.) แทนค่าลงในสมการที่ 4.1

$$\Delta t_2 = \frac{Q.L_2}{4.K_{Al}.A_2} = \frac{17.925 \times \left(\frac{Y}{2}\right)}{4 \times 0.52 \times 1.05 \times 0.15} = 21.93 \quad ^\circ C \qquad (4.5)$$

$$Y = \frac{4 \times 0.52 \times 1.05 \times 0.15 \times 21.93 \times 2}{17.925} = 0.80 \quad cm.$$

ดังนั้นจะต้องใช้แผ่นอลูมิเนียมหนา 1.5 mm. มีขนาดเล็กสุดเท่ากับ 0.8x0.8 cm.^{2}

4. <u>การใช้พัดลมช่วยระบายอากาศ</u> (Steinberg, 1980)

การระบายความร้อนโดยวิธีพาความร้อนบังคับ (forced convection) โดยทั่วไปจะใช้พัดลมหรือปั๊ม ทำให้เกิดการไหล (fluid air or liquid) ความเร็วสูงผ่านผิวความร้อน (heated surface) เป็นการลดความต้านทานความร้อน (thermal resistance) ระหว่างชั้นขอบของการไหลที่มีต่อผิวความร้อน คือเป็นการเพิ่มปริมาณความร้อนที่ถูกของไหลนำพาออกจากผิวความร้อน

การใช้พัดลมช่วย (forced air system) ทำให้อัตราการถ่ายเทความร้อนเพิ่มขึ้น มากกว่าการพาความร้อน (convection) และ การแผ่ความร้อน (radiation) โดยวิธีธรรมชาติ

การระบายความร้อนโดยใช้ของเหลว (forced liquid cooling system) ทำให้อัตราถ่ายเทความร้อนมากกว่าการใช้พัดลม

ข้อเสียของการใช้ระบบระบายความร้อนคือ เป็นการเพิ่มต้นทุน ใช้กำลังไฟฟ้าเพิ่มขึ้น อาจทำให้เกิดเสียงรบกวน และเพิ่มความซับซ้อนของวงจร โดยเฉพาะการระบายความร้อนโดยใช้ของเหลว ทำให้ขนาดและน้ำหนักของระบบเพิ่มขึ้น

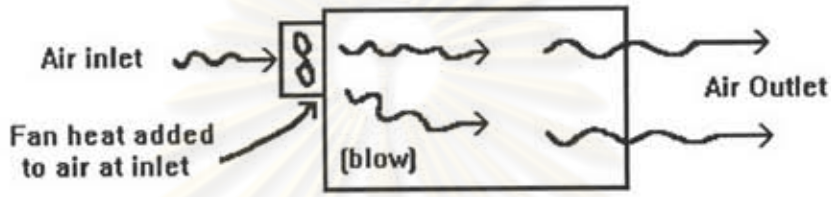
ข้อดีของการใช้เทคนิคระบายความร้อนบังคับ โดยทั่วไปจะลดขนาดระบบให้เล็กลง โดยเฉพาะการใช้พัดลมระบายความร้อน สามารถเพิ่มความหนาแน่นของอุปกรณ์ในระบบได้ ในขณะที่อุณหภูมิภายในลดลง และเป็นการเพิ่มความเชื่อถือได้ของอุปกรณ์ (electronic component reliability) แต่จะเพิ่มการบำรุงรักษา (maintenance) ให้แก่พัดลมหรือปั๊มที่เพิ่มเข้ามา

ระบบระบายความร้อนที่ใช้ของเหลวส่วนใหญ่จะมีขนาดและน้ำหนักมากกว่า ระบบที่ใช้อากาศ เพราะต้องมีภาชนะสำหรับกักเก็บของเหลว แต่ระบบที่ใช้พัดลมไม่ต้องการภาชนะกักเก็บอากาศ จึงมีขนาดและน้ำหนักน้อยกว่า ในโครงงานนี้จึงใช้พัดลมช่วยระบายอากาศภายในกล่อง

การติดตั้งพัดลม พิจารณาโดยยึดทิศทางการไหลของอากาศ สามารถใช้พัดลม เพื่อเป่า (blow) หรือดูด (draw) อากาศผ่านกล่อง

4.1. <u>การเป่า (blow) อากาศผ่านกล่อง</u>

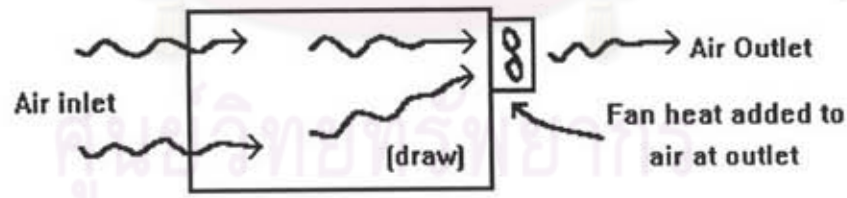
การเป่าอากาศผ่านกล่อง จะทำให้ความดันอากาศภายในกล่องเพิ่มขึ้น ฝุ่นละอองจะถูกผลักออกทางช่องว่างของกล่อง การเป่าอาจจะทำให้เกิดการผันผวนของอากาศ(turbulence) เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย (การผันผวนของอากาศ จะเพิ่มคุณลักษณะการถ่ายเทความร้อนภายในกล่อง)อย่างไรก็ตาม การติดพัดลมลักษณะนี้ อากาศที่เป่าออกจากพัดลมจะผ่านมอเตอร์ที่ ร้อนของพัดลม ซึ่งจะทำให้อากาศร้อนขึ้นในขณะที่ไหลเข้าไปในกล่อง ดังแสดงในรูปที่ 4.15



รูปที่ 4.15 แสดงการเป่า (blow) อากาศผ่านกล่อง

4.2. <u>การดูด (draw) อากาศผ่านกล่อง</u>

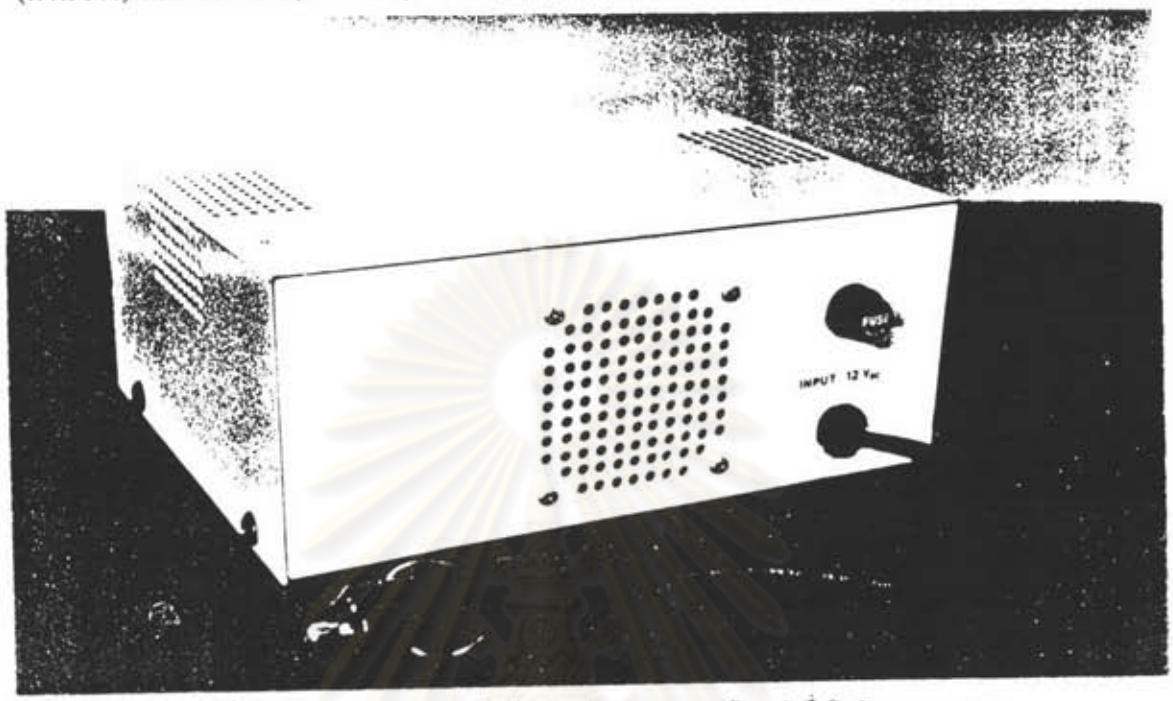
การดูดอากาศผ่านกล่อง จะลดความกดอากาศภายในกล่อง ถ้าวางกล่องใน ที่สกปรกมีฝุ่นละอองมาก ฝุ่นละอองจะถูกดูดเข้าในกล่องทางช่องว่างของกล่อง อากาศที่ระบายจะผ่านพัดลมในขณะที่ออกจากกล่อง อากาศที่เข้ากล่องจึงมีความเย็นมากกว่าการเป่าดังแสดงในรูปที่4.16



รูปที่ 4.16 แสดงการดูด (draw) อากาศผ่านกล่อง

ในโครงงานนี้ติดพัดลมแบบดูดอากาศผ่านกล่อง ที่บริเวณกึ่งกลางของฝาหลัง ซึ่งเจาะรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 3 มิลลิเมตร เรียงติดต่อกันในลักษณะตาข่าย เป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัสเท่ากับขนาดของพัดลมคือ 55x55 $mm.^2$ ช่องทางเข้าของอากาศคือ รูเล็กๆที่เรียงตัวกันเป็นตาข่าย (45x60 $mm.^2$) อยู่ทั้งสองข้างของฝาบนและข้าง การที่มีทางเข้าอากาศด้านข้างทั้งสองด้านและออกที่ด้านหลังเพียงด้านเดียว จะทำให้เกิดการผันผวนของอากาศภายในกล่อง ซึ่งเป็นผลดีต่อการระบายความร้อนภายในกล่อง โดยเฉพาะบริเวณศูนย์กลางของกล่อง ที่ติดตั้งส่วนวงจร

แปลงผันไฟตรง-ไฟตรง ซึ่งมีมอสเฟตที่ติดบนแผ่นระบายความร้อน รูปที่ 4.17 แสดงช่องเข้า (ด้านข้าง) และช่องออก(ด้านหลัง) ของอากาศที่ไหลผ่านกล่องโดยใช้พัดลมดูดออก



รูปที่ 4.17 แสดงช่องอากาศเข้า(ด้านข้าง)และช่องอากาศออก(ด้านหลังซึ่งติดพัดลมดูดอากาศ)

5. <u>การออกแบบหน้าปัด</u>

เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อการใช้งาน ความปลอดภัยในขณะใช้งาน และความสวยงามของผลิตภัณฑ์ จึงต้องมีการออกแบบ กำหนดตำแหน่ง เจาะรู และตกแต่งรูใส่อุปกรณ์ติดหน้าปัด พ่นสี พิมพ์ตัวหนังสือ ด้านที่จะติดอุปกรณ์มีสองด้านคือ ด้านหน้าและด้านหลัง

5.1. <u>ด้านหน้า</u>

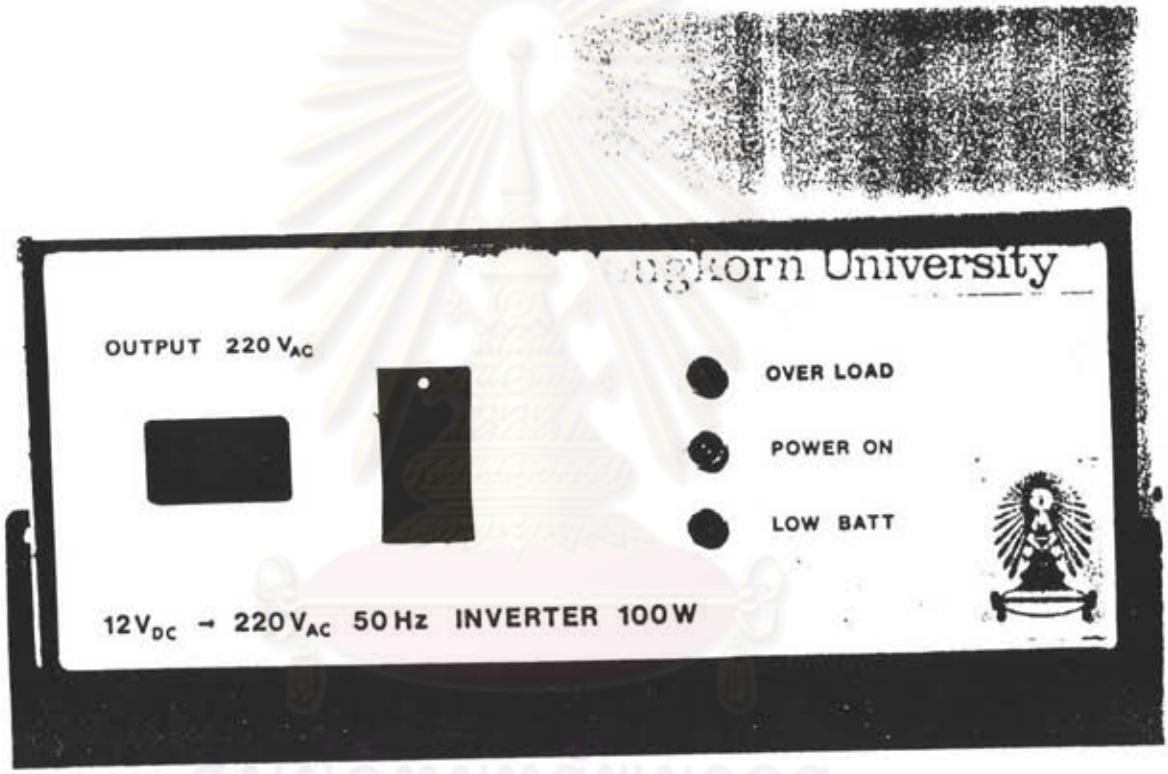
เป็นด้านที่ผู้ใช้งานจะมองมากที่สุด จึงติดตั้ง LEDs แสดงการทำงานไว้ที่ด้านนี้ รวมถึงปลั๊กต่อแรงดันออก และสวิตช์ควบคุม และแบ่งหน้าปัดออกเป็น 2 ส่วนซ้าย-ขวาเท่าๆ กัน เพื่อแบ่งแยกส่วนการใช้งานและส่วนการแสดงผล เนื่องจากออกแบบสำหรับผู้ที่ถนัดขวา จึงกำหนดให้ส่วนใช้งานอยู่ครึ่งซ้าย กำหนดให้ปลั๊กต่อแรงดันออกอยู่ด้านซ้ายสุด ถัดมาเป็นสวิตช์ควบคุมแรงดันออกซึ่งมีหลอดไฟแสดงการใช้งานอยู่ภายใน สามารถใช้มือขวาเปิด-ปิดสวิตช์ได้ โดยสายไฟที่มาเสียบกับปลั๊กต่อแรงดันออกไม่มาขวาง ส่วนภาคแสดงผลการทำงานอยู่ครึ่งขวาของหน้าปัด ทำให้การมองการแสดงผลการทำงานของอินเวอร์เตอร์รวมสวิตช์ควบคุมแรงดันออกอยู่ในมุมมองเดียวกัน และจัด LEDs เรียงกันในแนวตั้ง เพื่อให้เกิดระดับสูง-กลาง-ต่ำ โดยกำหนด

- LED สีแดงอยู่ด้านบน แสดง "OVERLOAD" หมายถึงสภาวะที่ผิดปกติ เนื่องจากอุณหภูมิสะสม ภายในกล่องสูงมากกว่าสภาวะปกติ

- LED สีเขียวอยู่ตรงกลาง แสดง "POWER ON" หมายถึงสภาวะการทำงานปกติ

- LED สีแดงอีกตัวไว้ด้านล่าง แสดง "LOW BATT" หมายถึงสภาวะที่ผิดปกติ เนื่องจากแรงดันด้านเข้า(จากแบตเตอรี) ต่ำกว่าพิสัยปกติ คือต่ำกว่า 11 โวลต์

รูปที่ 4.18 แสดงด้านหน้าของกล่อง หลังจากติดอุปกรณ์ และใช้ตัวหนังสือขนาดต่างๆ เพื่อจัดสมดุลช่องว่าง



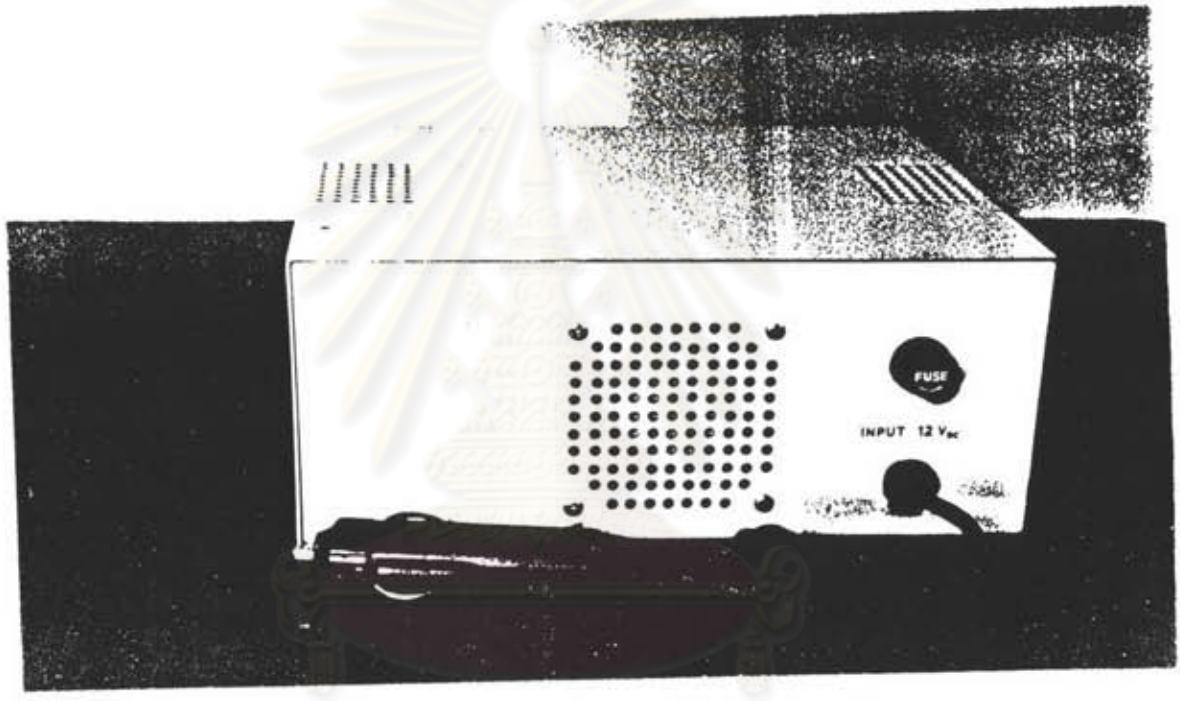
รูปที่ 4.18 แสดงด้านหน้าของกล่อง

5.2. ด้านหลัง

ด้านหลังของกล่อง เป็นด้านที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่จำเป็นต่อการใช้งาน ไม่ต้องการแสดงผล และมีการปรับเปลี่ยนน้อยครั้ง เช่น สวิตช์ปรับตั้งขนาดแรงดันเข้าของเครื่องใช้ไฟฟ้าบางชนิด ในโครงงานนี้ กำหนดให้ สายไฟแรงดันเข้าอยู่ทางด้านหลัง และมีกระบอกฟิวส์ป้องกันกระแสเข้าติดอยู่บริเวณเดียวกัน เนื่องจากด้านหลังกล่องถูกเจาะรูสำหรับพัดลมระบายความร้อนบริเวณกึ่งกลางแล้ว จึงเลือกติดฟิวส์และสายไฟแรงดันเข้าบริเวณด้านขวาของรูที่เจาะ (สำหรับ

ผู้ถนัดขวา) โดยให้กระบอกฟิวส์อยู่ด้านบน เพื่อความสะดวกในการถอดเปลี่ยนฟิวส์ และให้สายไฟแรงดันเข้า อยู่ด้านล่างตรงกับกระบอกฟิวส์ ที่ปลายของสายไฟแรงดันเข้า ใช้ปลั๊กที่ใช้เสียบเข้ากับ ช่องสำหรับ เสียบที่จุดบุหรี่ภายในรถยนต์โดยเฉพาะ เพื่อป้องกันการป้อนแรงดันเข้าผิดขนาด และการต่อสายแรงดันเข้าผิดขั้ว เนื่องจากออกแบบมาให้ใช้กับรถยนต์ ที่ใช้แบตเตอรี่ 12 V

รูปที่ 4.19 แสดงกระบอกฟิวส์และสายไฟแรงดันเข้าที่อยู่ด้านหลังกล่อง จะเห็นว่าด้านซ้ายของรูที่เจาะว่าง เนื่องจากเป็นด้านหลังจึงไม่จำเป็นที่จะทำให้การมองมีความสมดุลช่องว่าง



รูปที่ 4.19 แสดงฟิวส์และสายต่อแรงดันเข้าที่อยู่ด้านหลังของกล่อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย