

## หน่วยที่10

### การอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และการทำแผ่นวงจรพิมพ์

#### สาระสำคัญ

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้ ต้องศึกษารายละเอียดเพื่อให้ทราบความหมายของคุณสมบัติทางไฟฟ้า ศัพท์เฉพาะ ตัวอักษรย่อที่ใช้ ตัวพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง และโครงสร้างรูปร่างต่างๆของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อทราบข้อมูลต่างๆจากคู่มือแล้ว จะได้นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้นไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง และไม่ทำให้เกิดความเสียหาย

แผ่นวงจรพิมพ์(Print Circuit Board :PCB) หรือเรียกว่าแผ่นปริ้นท์ คือเส้นทางเดินของสัญญาณไฟฟ้า ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่วางอยู่ด้านบนของแผ่นวงจรพิมพ์ โดยลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์จะเป็นส่วนทางเดินที่เชื่อมต่อกัน ตามวงจรที่กำหนด การทำแผ่นวงจรพิมพ์นี้มีวิธีการทำอยู่มากมายหลายวิธี อาจทำด้วยงานฝีมือ ไปจนถึงขั้นใช้เครื่องมือเครื่องจักร

#### เรื่องที่จะศึกษา

- 18.1 วิธีการอ่านข้อมูลไดโอด
- 18.2 วิธีการอ่านข้อมูลทรานซิสเตอร์
- 18.3 วิธีการทำแผ่นวงจรพิมพ์
- 18.4 ขั้นตอนการทำแผ่นวงจรพิมพ์
- 18.5 เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำแผ่นวงจรพิมพ์
- 18.6 เพื่อให้รู้ความหมายของแผ่นวงจรพิมพ์
- 18.7 เพื่อให้รู้วิธีการทำแผ่นวงจรพิมพ์

#### จุดประสงค์การสอน

##### 1. จุดประสงค์ทั่วไป

- 1.1 เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 1.2 เพื่อให้รู้ความหมายของข้อมูลอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
- 1.3 เพื่อให้เข้าใจวิธีการอ่านคู่มือของไดโอด
- 1.4 เพื่อให้เข้าใจวิธีการอ่านคู่มือของทรานซิสเตอร์

- 1.5 เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการทำแผ่นวงจรพิมพ์
- 1.6 เพื่อให้รู้ความหมายของแผ่นวงจรพิมพ์
- 1.7 เพื่อให้รู้วิธีการทำแผ่นวงจรพิมพ์

## 2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อเรียนจบบทเรียนหน่วยนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

- 2.1 อธิบายรายละเอียดตามคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ได้
- 2.2 บอกข้อมูลต่างๆของไดโอดแต่ละเบอร์ตามคู่มือได้
- 2.3 บอกข้อมูลต่างๆของทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์ตามคู่มือได้
- 2.4 บอกความหมายของแผ่นวงจรพิมพ์ได้
- 2.5 อธิบายขั้นตอนการทำแผ่นวงจรพิมพ์ได้
- 2.6 จัดทำแผ่นวงจรพิมพ์และสามารถนำไปใช้งานได้

## คุณธรรมและจริยธรรมที่มุ่งเน้น

- |                         |                   |
|-------------------------|-------------------|
| 1. ความมีวินัย          | 2. ความรับผิดชอบ  |
| 3. ความมีมนุษยสัมพันธ์  | 4. ความสนใจใฝ่รู้ |
| 5. ความเชื่อมั่นในตนเอง |                   |

## 18.1 คำนำ

อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทุกชนิด ที่นำมาใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทราบข้อมูลของอุปกรณ์นั้น เพื่อนำข้อมูลนั้นมาใช้ในการออกแบบวงจร หรือนำมาใช้ในการวิเคราะห์วงจร ตลอดจนถึงงาน การสร้างและงานซ่อมวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ล้วนแล้วแต่มีความจำเป็นที่ต้องศึกษาหาข้อมูล ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่นำมาใช้ โดยการศึกษาจากคู่มือ (Data Sheet)

ดังนั้นในการอ่านคู่มืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ต้องศึกษารายละเอียดเพื่อให้ทราบความหมายของ คุณสมบัติทางไฟฟ้า ศัพท์เฉพาะ ตัวอักษรย่อที่ใช้ ตัวพารามิเตอร์ต่างๆที่เกี่ยวข้อง และโครงสร้างรูปร่างต่างๆของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เมื่อทราบข้อมูลต่างๆจากคู่มือแล้ว จะได้นำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้น ไปใช้งานได้อย่างถูกต้อง และไม่ทำให้เกิดความเสียหาย

ในส่วน of แผ่นวงจรพิมพ์(Print Circuit Board :PCB) หรือเรียกว่าแผ่นปริ้นท์ เหตุที่เรียกว่าแผ่นวงจรพิมพ์ เนื่องมาจากกระบวนการผลิตในงานอุตสาหกรรม โดยส่วนใหญ่แล้ว จะทำการผลิตโดยใช้วิธีการพิมพ์ลายวงจรลงบนแผ่นทองแดงด้วยวิธีการพิมพ์แบบ ซิลค์สกรีน จึงถูกเรียกว่าแผ่นวงจรพิมพ์(Print Circuit Board)

การทำแผ่นวงจรพิมพ์นี้มีวิธีการทำอยู่มากมายหลายวิธี อาจทำด้วยงานฝีมือ ไปจนถึงขั้นใช้เครื่องมือเครื่องจักร แต่งานที่จัดทำเป็นวงจรต้นแบบ หรืองานทดลองวงจร ส่วนมากจะถูกจัดทำด้วยงานฝีมือ เพราะจัดทำเพียงแผ่นเดียว หรือทำจำนวนไม่มาก

แผ่นวงจรพิมพ์ หรือแผ่นปริ้นท์คือเส้นทางเดินของสัญญาณไฟฟ้า ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่วางอยู่ด้านบนของแผ่นวงจรพิมพ์ โดยลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์จะเป็นส่วนทางเดินที่เชื่อมต่อกัน ตามวงจรที่กำหนด

## 18.1 วิธีการอ่านข้อมูลไดโอด

การอ่านข้อมูลไดโอด โดยเริ่มจากการเลือกเบอร์ไดโอด ที่ต้องการทราบข้อมูลเป็นอันดับแรก จากหนังสือคู่มือ (Data Book) หรือจากเอกสารของบริษัทผู้ผลิต (Data Sheet) ในคู่มือจะให้รายละเอียดของข้อมูลต่างๆที่มีความสำคัญ ของไดโอด แต่ละเบอร์อย่างครบถ้วน โดยมีวิธีการอ่านข้อมูลของไดโอด ดังตัวอย่างต่อไปนี้

### 18.1.1 ตัวอย่างวิธีการอ่านข้อมูลไดโอด 1N4001

โดยการศึกษาข้อมูลของไดโอด จากเอกสารหรือ (Data Sheet) ของบริษัทผู้ผลิต ตามตารางข้อมูล ดังตารางที่ 18.1

STANDARD RECOVERY RECTIFIER DIE ELECTRICAL SPECIFICATIONS								
(1) PART NUMBER	(2) $I_F$ (AV) (AMPS)	(3) $I_F$ (AMPS)	(4) $V_F$ (VOLTS)	(5) $V_R$ (VOLTS)	(6) $I_R$ ( $\mu$ A)	(7) $I_{FM}$ SURGE (AMPS)	(8) PIV (VOLTS)	(9) $V_{RMS}$ (VOLTS)
1N645	0.75	0.75	1.0	200	0.2	30	200	140
1N647	0.75	0.75	1.0	400	0.2	30	400	280
1N649	0.75	0.75	1.0	600	0.2	30	600	420
N/A	0.75	0.75	1.1	800	5	30	800	560
N/A	0.75	0.75	1.1	1000	5	30	1000	700
1N4001	1.0	1	1.2	50	5	40	50	35
1N4002	1.0	1	1.2	100	5	40	100	70
1N4003	1.0	1	1.2	200	5	40	200	140
1N4004	1.0	1	1.2	400	5	40	400	280
1N4005	1.0	1	1.2	600	5	40	600	420
1N4006	1.0	1	1.2	800	5	40	800	560
1N4007	1.0	1	1.2	1000	5	40	1000	700
N/A	1.5	1.5	1.2	20	5	50	200	140
N/A	1.5	1.5	1.2	400	5	50	400	280
N/A	1.5	1.5	1.2	600	5	50	600	420
N/A	1.5	1.5	1.2	800	5	50	800	560
N/A	1.5	1.5	1.2	1000	10	50	1000	700

ตารางที่ 18.1 ตารางข้อมูลของไดโอด

1. หมายเลข 1 **Part Number** เป็นช่องระบุเบอร์ของไดโอด ของบริษัทผู้ผลิต
2. หมายเลข 2 **Max.Average Forward Rectified Output Current** หรือ  $I_{F(AV)}$  เป็นช่องระบุอัตราทนกระแสสูงสุดที่ไดโอด สามารถทำงานได้เมื่อได้รับฟอร์เวิร์ดไบแอส มีหน่วยเป็นแอมป์
3. หมายเลข 3 **Forward Voltage Test Current** หรือ  $I_F$  เป็นช่องระบุอัตราทนกระแสของไดโอดเมื่อได้รับฟอร์เวิร์ดไบแอส มีหน่วยเป็นแอมป์

4. หมายเลข 4 **Peak Forward Voltage** หรือ  $V_F$  เป็นช่องระบุค่าแรงดันสูงสุดเมื่อได้รับฟอร์เวิร์ดไบแอส มีหน่วยเป็นโวลต์

5. หมายเลข 5  $V_R$  เป็นช่องระบุค่าแรงดันที่ไดโอดทนได้ เมื่อได้รับรีเวิร์สไบแอส มีหน่วยเป็นโวลต์

6. หมายเลข 6  $I_R$  เป็นช่องระบุค่ากระแสที่ไหลผ่านไดโอด เมื่อได้รับรีเวิร์สไบแอส มีหน่วยเป็นไมโครแอมป์

7. หมายเลข 7 **Peak Forward Surge Current** หรือ  $I_{FM(SURGE)}$  เป็นช่องระบุค่ากระแสไหลผ่านไดโอดในช่วงระยะเวลาสั้นๆ มีหน่วยเป็นแอมป์

8. หมายเลข 8 **Peak Invers Voltage** หรือ **PIV** เป็นช่องระบุค่าแรงดันสูงสุดที่ไดโอดสามารถทำงานได้ มีหน่วยเป็นโวลต์

9. หมายเลข 9 **Max RMS Input Voltage** หรือ  $V_{RMS}$  เป็นช่องระบุค่าแรงดัน RMS สูงสุดที่ไดโอดสามารถทำงานได้ มีหน่วยเป็นโวลต์

### 18.1.2 ตัวอย่างการอ่านข้อมูลของไดโอดเบอร์ 1N4001

การอ่านข้อมูลของไดโอดเบอร์ 1N4001 จากตารางข้อมูลของไดโอดตามตารางที่ 18.1 มีวิธีการอ่านดังนี้

- 1) เริ่มจากช่องหมายเลข 1 ในแถวที่แสดงเบอร์ของไดโอด 1N4001
- 2) ดูข้อมูลอัตราทนกระแสสูงสุดที่ไดโอด สามารถทำงานได้เมื่อได้รับฟอร์เวิร์ดไบแอส ในช่องหมายเลข 2 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 AMPS
- 3) ดูข้อมูลค่าแรงดันสูงสุดที่ไดโอดสามารถทำงานได้ในช่องหมายเลข 8 ซึ่งมีค่าเท่ากับ 50 VOLTS

จากการอ่านข้อมูลของไดโอดเบอร์ 1N4001 พบว่าไดโอด เบอร์ 1N4001 สามารถใช้ค่าแรงดันสูงสุดเท่ากับ 50 โวลต์ และทนกระแสสูงสุดได้เท่ากับ 1 แอมป์

จากตัวอย่าง เป็นการอ่านข้อมูลของไดโอด สำหรับการใช้งานเบื้องต้นทั่วไปเท่านั้น ซึ่งจะอ่านเฉพาะข้อมูลที่สำคัญที่ควรทราบ คือค่าแรงดัน และกระแส ของไดโอด หากแต่ต้องการนำไดโอดไปใช้งานในวงจรที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องอ่านข้อมูลที่สำคัญๆ อื่นมาประกอบด้วย

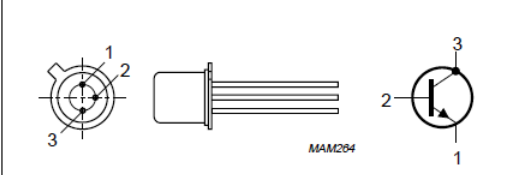
### 18.2 วิธีการอ่านข้อมูลทรานซิสเตอร์

การอ่านข้อมูลทรานซิสเตอร์ โดยเริ่มจากการเลือกเบอร์ของทรานซิสเตอร์ที่ต้องการทราบข้อมูลเป็นอันดับแรก จากหนังสือคู่มือ (Data Book) หรือจากเอกสารของบริษัทผู้ผลิต (Data

Sheet) ในคู่มือจะให้รายละเอียดของข้อมูลต่างๆที่มีความสำคัญ ของทรานซิสเตอร์แต่ละเบอร์อย่างครบถ้วน โดยมีวิธีการอ่านข้อมูลของทรานซิสเตอร์ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

### 18.2.2 ตัวอย่างวิธีการอ่านข้อมูลทรานซิสเตอร์เบอร์ BC107;BC108;BC109

โดยการศึกษาข้อมูลของทรานซิสเตอร์ จากเอกสารหรือ (Data Sheet) ของบริษัทผู้ผลิต คือ ฟิลิปส์ เซมิคอนดักเตอร์ (Philips Semiconductors) ดังรูปที่ 18.1 และตารางที่ 18.1

Philips Semiconductors	Product specification								
① <b>NPN general purpose transistors</b>	② <b>BC107; BC108; BC109</b>								
③ <b>FEATURES</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Low current (max. 100 mA)</li> <li>• Low voltage (max. 45 V).</li> </ul> ④ <b>APPLICATIONS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• General purpose switching and amplification.</li> </ul> ⑤ <b>DESCRIPTION</b> <p>NPN transistor in a TO-18; SOT18 metal package. PNP complement: BC177.</p>	⑥ <b>PINNING</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">PIN</th> <th style="text-align: center;">DESCRIPTION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td>emitter</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2</td> <td>base</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3</td> <td>collector, connected to the case</td> </tr> </tbody> </table> ⑦  <p style="text-align: center;">Fig.1 Simplified outline (TO-18; SOT18) and symbol.</p>	PIN	DESCRIPTION	1	emitter	2	base	3	collector, connected to the case
PIN	DESCRIPTION								
1	emitter								
2	base								
3	collector, connected to the case								

รูปที่ 18.1 คู่มือทรานซิสเตอร์เบอร์ BC107;BC108;BC109

## ⑧ QUICK REFERENCE DATA

	SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT		
8.1	V <sub>CBO</sub>	collector-base voltage	open emitter	–	50	V		
		BC107 BC108; BC109			30	V		
8.2	V <sub>CEO</sub>	collector-emitter voltage	open base	–	45	V		
		BC107 BC108; BC109			20	V		
8.3	I <sub>CM</sub>	peak collector current		–	200	mA		
8.4	P <sub>tot</sub>	total power dissipation	T <sub>amb</sub> ≤ 25 °C	–	300	mW		
8.5	h <sub>FE</sub>	DC current gain	I <sub>C</sub> = 2 mA; V <sub>CE</sub> = 5 V	–	–			
		BC107					110	450
		BC108					110	800
	BC109	200	800					
8.6	f <sub>T</sub>	transition frequency	I <sub>C</sub> = 10 mA; V <sub>CE</sub> = 5 V; f = 100 MHz	100	–	MHz		

## ตารางที่ 18.1 คู่มือทรานซิสเตอร์เบอร์ BC107;BC108;BC109

จากรูปที่ 18.1 และตารางที่ 18.1 แสดงคู่มือทรานซิสเตอร์เบอร์ BC107;BC108;BC109 สามารถอ่านข้อมูลตามลำดับดังนี้

**1. NPN general purpose transistors**

เป็นข้อมูลระบุชนิดของทรานซิสเตอร์ คือ ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่สามารถนำไปใช้ได้ทั่วไป

**2. BC107;BC108;BC109**

เป็นข้อมูลระบุเบอร์ของทรานซิสเตอร์ คือ เบอร์ BC107;BC108;BC109

**3. FEATURES**

เป็นข้อมูลระบุคุณลักษณะเฉพาะของทรานซิสเตอร์ คือ

Low current (max.100 mA) หมายถึง ทรานซิสเตอร์ ใช้งานในกระแสต่ำสุดไม่เกิน 100 mA

Low Voltage (max. 45 V) หมายถึง ทรานซิสเตอร์ ใช้แรงดันไฟต่ำสุดไม่เกิน 45 V

**4.APPLICATION**

เป็นข้อมูลระบุถึงการนำไปประยุกต์ใช้งาน

General purpose switching and amplification.หมายถึงการนำไปใช้งานที่เกี่ยวกับการขยาย และ เกี่ยวกับการสวิตซ์ซึ่ง

## 5. DESCRIPTION

เป็นข้อมูลระบุรูปร่างของทรานซิสเตอร์ และรายละเอียดประกอบอื่นๆ

NPN transistor in a TO-18; SOT18 metal package. หมายถึงทรานซิสเตอร์ชนิด NPN มีรูปร่างแบบ TO-18; SOT18 โครงสร้างแบบเหล็ก

PNP complement: BC177 หมายถึง การนำทรานซิสเตอร์เบอร์ BC107;BC108;BC109 ไปใช้งานในวงจรคอมพลิเมนท์ารี สามารถใช้คู่กับทรานซิสเตอร์แบบ PNP เบอร์ BC177

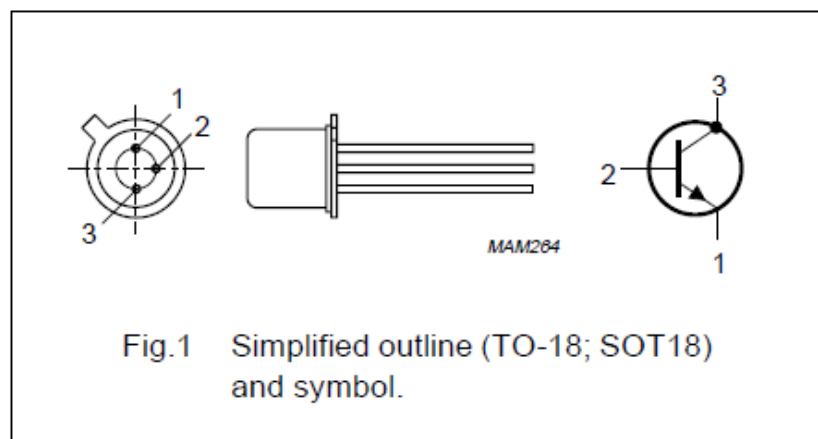
6. **PINNING** เป็นข้อมูลระบุรายละเอียดของทรานซิสเตอร์ (ตามรูปร่างที่แสดงในข้อที่ 7)

PIN(ขา)	DESCRIPTION(ระบุรายละเอียด)
1	Emitter(ขาอีมีตเตอร์)
2	Base(ขาเบส)
3	collector, connected to the case (ขาคอลเลคเตอร์ ต่อกับตัวถัง)

ตารางที่ 18.2

## 7. Simplified outline (TO-18 ; SOT 18) and symbol.

รูปแสดงโครงสร้างของทรานซิสเตอร์แบบ (TO-18 ; SOT 18) และ สัญลักษณ์



รูปที่ 18.2

จากรูปที่ 18.2 คู่มือทรานซิสเตอร์เบอร์ BC107;BC108;BC109 มีการอ่านข้อมูลดังนี้



**8. QUICK REFERENCE DATA** เป็นข้อมูลระบุค่าพารามิเตอร์ หรือค่าคุณสมบัติทางไฟฟ้า ที่สำคัญเบื้องต้นของทรานซิสเตอร์

ข้อ	SYMBOL (ตัวย่อ)	PARAMETER (คุณสมบัติทางไฟฟ้า)	CONDITION (เงื่อนไข)	MIN (ค่าต่ำสุด)	MAX. (ค่าสูงสุด)	UNIT. (หน่วย)		
8.1	$V_{CBO}$	collector-base voltage (แรงดันคอลเลกเตอร์-เบส) BC107	open emitter เมื่ออิมิตเตอร์ปล่อยว่าง	-	50	V		
		BC108; BC109		-	30	V		
8.2	$V_{CEO}$	collector-base voltage (แรงดันคอลเลกเตอร์-เบส) BC107	open emitter เมื่ออิมิตเตอร์ปล่อยว่าง	-	45	V		
		BC108; BC109		-	20	V		
8.3	$I_{CM}$	peak collector current (กระแสคอลเลกเตอร์สูงสุด)		-	200	mA		
8.4	$P_{tot}$	total power dissipation (กำลังงานสูญเสียสูงสุด)	$T_{amb} \leq 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (ที่อุณหภูมิ 25 °C)	-	300	mW		
8.5	$h_{FE}$	DC current gain (อัตราขยายกระแส) BC107	$I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$ (ตามค่าที่ระบุ)	110	450			
		BC108					110	800
		BC109					200	800
8.6	$f_T$	transition frequency (ความถี่ที่อัตราขยาย กระแสมีค่าลดลงเหลือ 1)	$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$ $f = 100\text{ MHz}$ (ตามค่าที่ระบุ)	100	-	MHz		

ตารางที่ 18.3 คู่มือทรานซิสเตอร์เบอร์ BC107;BC108;BC109

จากการอ่านข้อมูลของ ทรานซิสเตอร์ คือ เบอร์ BC107;BC108;BC109 ซึ่งเป็นทรานซิสเตอร์ ชนิด NPN ที่สามารถนำไปใช้งานได้ทั่วไป ที่เกี่ยวกับการขยาย และการสวิตช์

ซึ่ง ใช้งานในกระแสสูงสุดไม่เกิน 100 mA ใช้แรงดันไฟสูงสุดไม่เกิน 45 V มีรูปร่างแบบ TO-18; SOT18 โครงสร้างแบบเหล็ก

### 18.3 วิธีการทำแผ่นวงจรพิมพ์

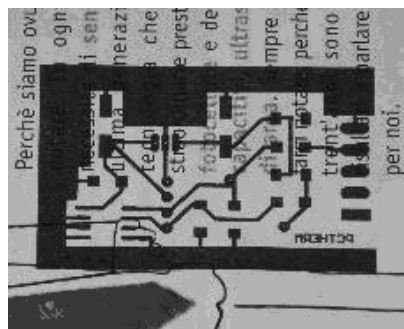
วิธีการทำแผ่นวงจรพิมพ์ ตามวิธีการต่อไปนี้ เป็นวิธีการหนึ่งที่ค่อนข้างสะดวก และรวดเร็วในการจัดทำ ซึ่งเหมาะสำหรับการทำวงจรทดลอง หรือทำวงจรต้นแบบ เพียงแผ่นเดียว หรือจำนวนไม่มากนัก

#### 18.3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดทำ แผ่นวงจรพิมพ์ มีดังนี้

- 1) ลายวงจรที่ได้ออกแบบไว้
- 2) กระดาษอาร์ต
- 3) แผ่นทองแดงที่ยังไม่ได้กัดลาย
- 4) สก๊อตไบร์ที่ใช้ล้างงาน
- 5) ผงซักฟอก
- 6) ปากกาเคมีชนิดลบไม่ได้
- 7) เตารีด
- 8) กรดสำหรับกัดแผ่นทองแดง เฟอริก คลอไรด์ (Ferric Chloride) (โดยทั่วไปเรียกว่ากรดกัดปรินท์)
- 9) น้ำยาเคลือบแผ่นปรินท์
- 10) สว่าน และดอกสว่านสำหรับเจาะแผ่นปรินท์
- 11) อ่างพลาสติกสำหรับใช้กัดแผ่นปรินท์

#### 18.3.2 ขั้นตอนการทำแผ่นวงจรพิมพ์

1) ใช้กระดาษอาร์ต ที่ผ่านการถ่ายเอกสารลายวงจรแล้ว หรือผ่านการพิมพ์ ลายวงจรแล้ว(เครื่องที่ใช้พิมพ์เป็นเครื่องเลเซอร์ปรินท์เตอร์) ตามรูปที่ 18.3



รูปที่ 18.3 ลายวงจรที่พิมพ์ลงบนกระดาษอาร์ต

2) ตัดแผ่นทองแดงที่ยังไม่ได้กลายวงจร ตามขนาดเท่ากับลายวงจรที่ถ่ายเอกสารไว้ แล้วทำความสะอาดแผ่นทองแดงด้วยผงซักฟอกพร้อมทั้งใช้สก็อตไบรซ์ขัดให้สะอาด ตามรูปที่ 18.4



รูปที่ 18.4 การทำความสะอาดแผ่นทองแดง

3) นำแผ่นกระดาษลายวงจรที่ถ่ายเอกสารมาวางทาบลงบนแผ่นทองแดง ให้ประกบกันพอดี ตามรูปที่ 18.5



รูปที่ 18.5 การนำลายวงจรวางทาบบนแผ่นทองแดง

4) ใช้เตารีดไฟฟ้า ปรับความร้อนปานกลาง รีดลงไปบนแผ่นกระดาษให้ทั่วทั้งแผ่น เพื่อให้ลายวงจรติดลงบนแผ่นทองแดง ตามรูปที่ 18.6



รูปที่ 18.6 การรีดลายวงจรลงบนแผ่นทองแดง

5) เมื่อรีดเสร็จแล้ว กระดาษจะติดกับแผ่นทองแดง และอาจมองเห็นลายวงจรปรากฏขึ้นด้านบน (ด้านที่รีด) ทิ้งไว้ให้แผ่นทองแดงเย็น(ไม่ต้องดึงกระดาษออก) ตามรูปที่ 18.7



รูปที่ 18.7 ลายวงจรบนแผ่นทองแดงหลังการรีด

6) นำแผ่นทองแดงกับกระดาษที่ติดกัน ไปล้างน้ำ แล้วใช้มือค่อยๆ ถูกระดาษไปมาจนกระดาษหลุดออกหมด เราจะเห็นลายวงจรติดที่แผ่นทองแดง ตามรูปที่ 18.8



รูปที่ 18.8 การล้างกระดาษลายวงจรออกจากแผ่นทองแดง

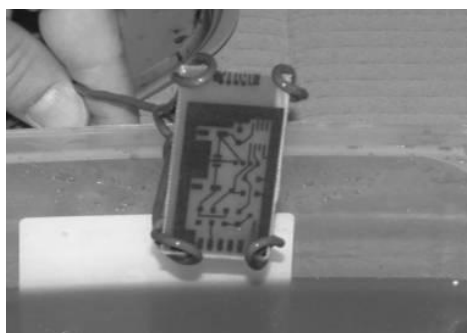
7) ตรวจสอบลายวงจร หากส่วนใดขาดหายไป ให้ตกแต่งด้วยปากกาเคมีชนิดลบไม่ได้

8) นำแผ่นทองแดงไปทำการกัดด้วยน้ำยากัดแผ่นปริ้นท์ ในถาดพลาสติกที่จัดเตรียมไว้ อาจใช้มือช่วยเขย่า หรือเอียงถาดไปมา จะทำให้ใช้เวลาการกัดได้เร็วขึ้น ตามรูปที่ 18.9



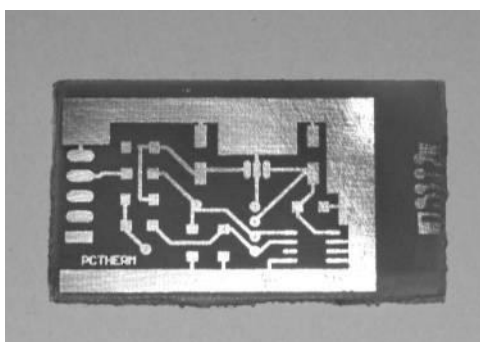
รูปที่ 18.9 นำแผ่นทองแดงไปกัดด้วยกรดกัดปริ้นท์

9) เมื่อเห็นว่าการกัดลายวงจร ถูกกัดและปรากฏลายวงจรครบถ้วนแล้ว ให้นำออกไปล้างน้ำให้สะอาด และทำให้แห้ง ตามรูปที่ 18.10



รูปที่ 18.10 แผ่นทองแดงที่กัดลายวงจรแล้ว

10) ใช้ผ้าชุบทินเนอร์ เช็ดหมึกบนแผ่นทองแดงออกให้หมด แล้วนำไปล้างน้ำกับผงซักฟอกให้สะอาด ตามรูปที่ 18.11



รูปที่ 18.11 หลังการเช็ดหมึกออกจากแผ่นทองแดง

11) นำแผ่นปริ๊นท์ที่ได้ ไปเคลือบด้วยน้ำยาเคลือบแผ่นปริ๊นท์ แล้วทิ้งไว้ให้แห้ง ตามรูปที่ 18.12



รูปที่ 18.12 น้ำยาเคลือบแผ่นปริ๊นท์

12. นำแผ่นปริ๊นท์ไปเจาะรู ด้วยสว่านให้ครบถ้วน ตามรูปที่ 18.13



รูปที่ 18.13 การเจาะรูแผ่นปริ๊นท์ด้วยสว่าน

การทำแผ่นวงจรพิมพ์ตามวิธีที่กล่าวมานี้ เป็นวิธีการหนึ่งจากหลายวิธีที่จัดทำเพื่อใช้งานทดลองหรืองานสร้างต้นแบบวงจร หากต้องการจัดทำแผ่นวงจรพิมพ์เป็นจำนวนมาก วิธีการทำต้องใช้วิธีการในรูปแบบอื่นที่มีความสะดวกและมีความรวดเร็ว มีความประณีตสวยงาม เช่นการทำแผ่นวงจรพิมพ์ด้วยวิธีการซิลค์สกรีน ที่มีความนิยมใช้ในการผลิตแผ่นวงจรพิมพ์ในงานอุตสาหกรรมแบบหนึ่ง