บทที่ 4

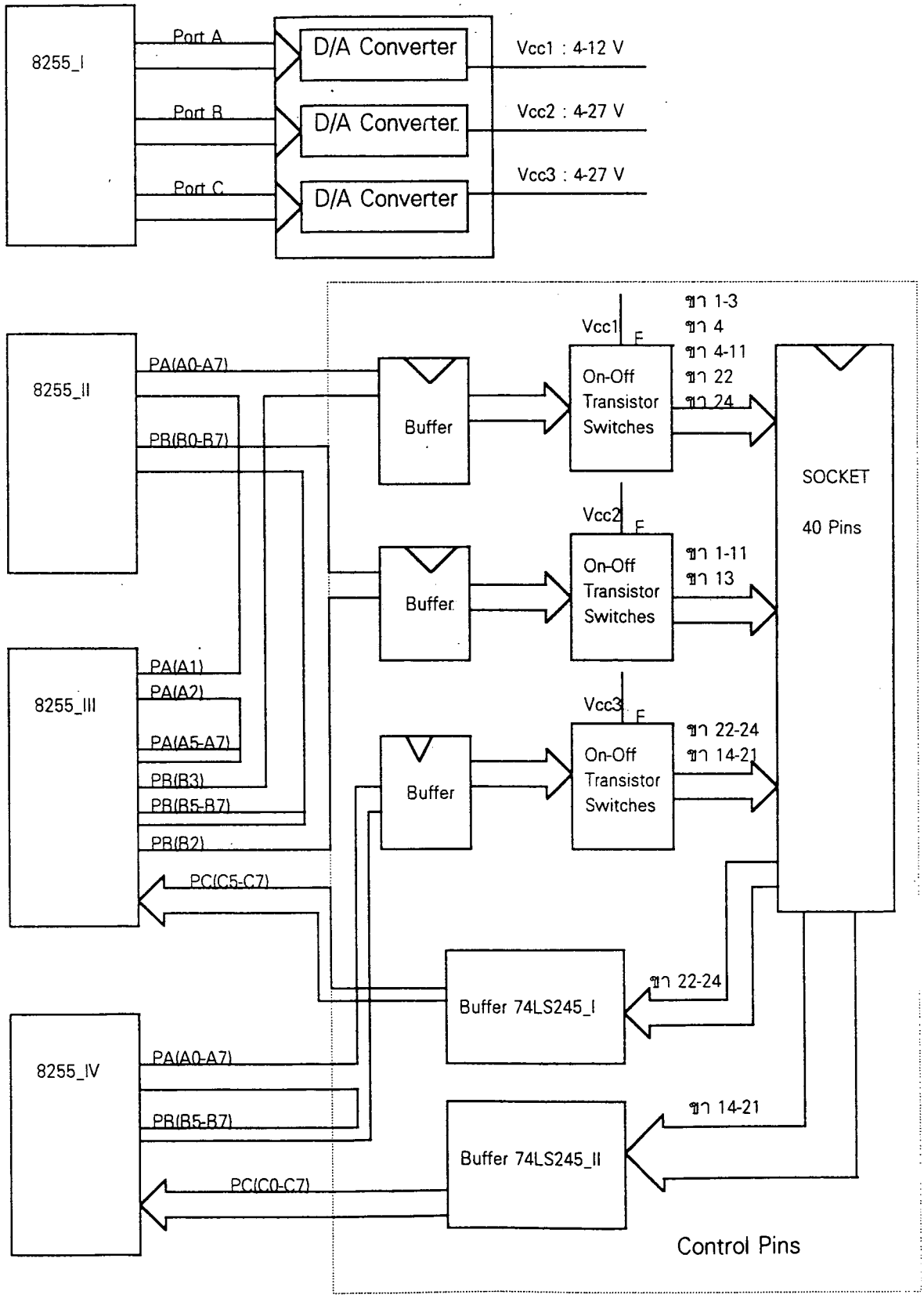
การทำงานของฮาร์ดแวร์

จากโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์ที่ได้อธิบายไว้ในบทที่ 3 แล้วนั้น เราสามารถแยกอธิบายการทำงานของวงจรที่ใช้ได้ดังนี้

1. วงจรอินเตอร์เฟซ (Interface Card) ระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับเครื่องโปรแกรม PAL ซึ่งวงจรนี้จะเสียบอยู่บนช่อง (slot) ในเครื่องคอมพิวเตอร์
2. วงจรไอโอพอร์ต พีซี8255 (I/O Port PC8255)
3. วงจรควบคุมขาของโปรแกรม PAL (Control Pins) ประกอบด้วย
   - วงจร On-Off Transistor Switches เพื่อทำการส่งค่าแรงดันไปที่ขาของอุปกรณ์
   - ส่วนเต้ารับ (Socket) 40 ขา เป็นเต้ารับ (Socket) แบบดิป
4. วงจรจ่ายแรงดันหลายระดับ ประกอบด้วยวงจร
   - วงจรทบระดับแรงดัน
   - วงจรเรกกูเลเตอร์ระดับแรงดันที่ปรับค่าได้
5. วงจรรวมทั้งหมด

สำหรับวงจรที่ได้กล่าวมาทั้งหมดแล้วนั้นจะแยกออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ต่ออยู่กับคอมพิวเตอร์ คือ วงจรอินเตอร์เฟซ และส่วนที่อยู่ในตัวเครื่องโปรแกรม PAL ได้แก่ วงจรไอโอพอร์ต พีซี8255, วงจรควบคุมขาของการโปรแกรม และวงจรจ่ายแรงดันหลายระดับ และนำเอาส่วนต่างๆ เหล่านี้มาต่อรวมกันเป็นวงจรรวมทั้งหมด ตามแผนภาพบล็อกของรูปวงจรรวมทั้งหมดในรูปที่ 4.1

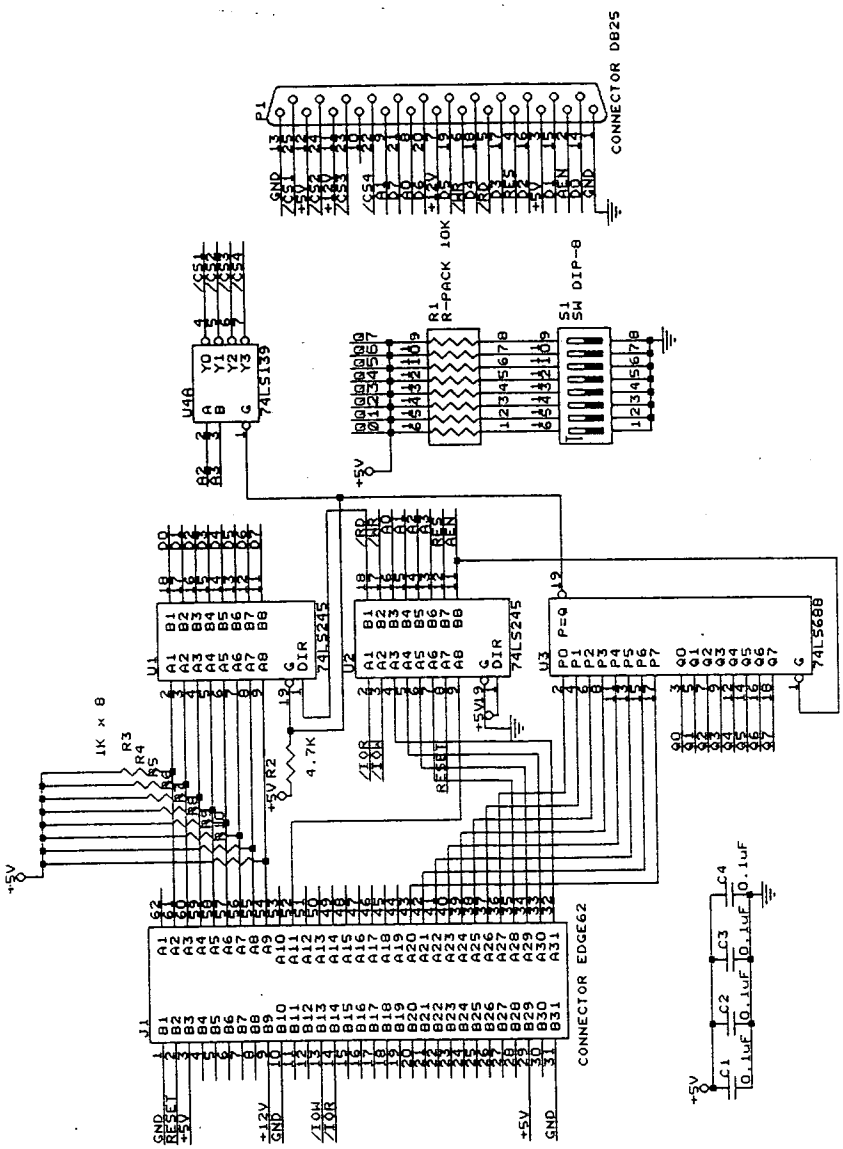
I14223003



รูปที่ 4.1 แสดงแผนภาพบล็อกของวงจรรวมทั้งหมด

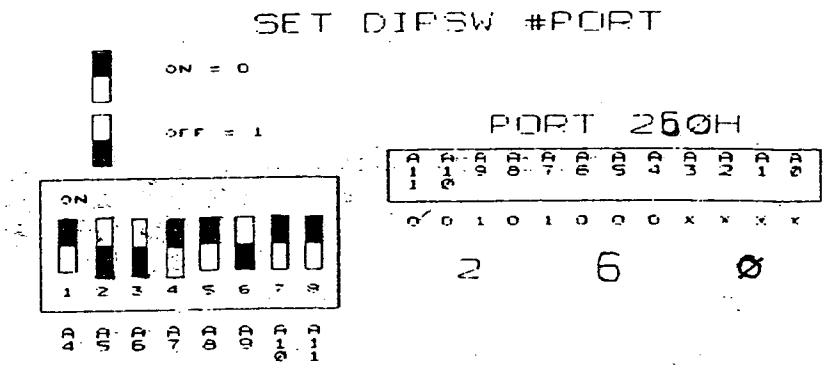
4.1 วงจรอินเตอร์เฟซระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ (Interface Card)

แสดงไว้ในรูปที่ 4.2 ประกอบด้วยไอซี TTL74LS688, TTL74LS139 และดิปสวิตช์ 8 ขา เป็นวงจรในการถอดรหัส และ TTL74LS245 โดยเลือกใช้ค่าแอดเดรส A2 และ A3 ทำการถอดรหัส



รูปที่ 4.2 แสดงวงจรอินเตอร์เฟซ

โดยใช้ 74LS139 เพื่อทำการเลือกชิปไอซี 8255 และใช้แอดเดรส A4 ถึง A11 ถอดรหัสผ่านเข้าคอมพาราเตอร์ (Comparator) 74LS688 เพื่อทำการเลือกตำแหน่งที่จะใช้งานของไอโอพอร์ตพีซี8255 และใช้ดิปสวิตช์ 8 ขา เปรียบเทียบค่าตำแหน่งโดยการตั้งค่าตำแหน่งจากดิปสวิตช์ และตำแหน่งที่ใช้ติดต่อกับคอมพิวเตอร์โดยที่ตำแหน่งที่ตั้งไว้นั้นจะต้องไม่ตรงกับ ตำแหน่งที่ใช้งานอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยตำแหน่งที่ใช้งาน คือ ตำแหน่ง 260H จะเซตดิปสวิตช์ ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ส่วนขาควบคุมที่นำมาใช้จะมีขา /IOR, /IOR, RESET และ AEN [11] เพื่อนำไปใช้งานในส่วนของไอโอพอร์ต พีซี8255

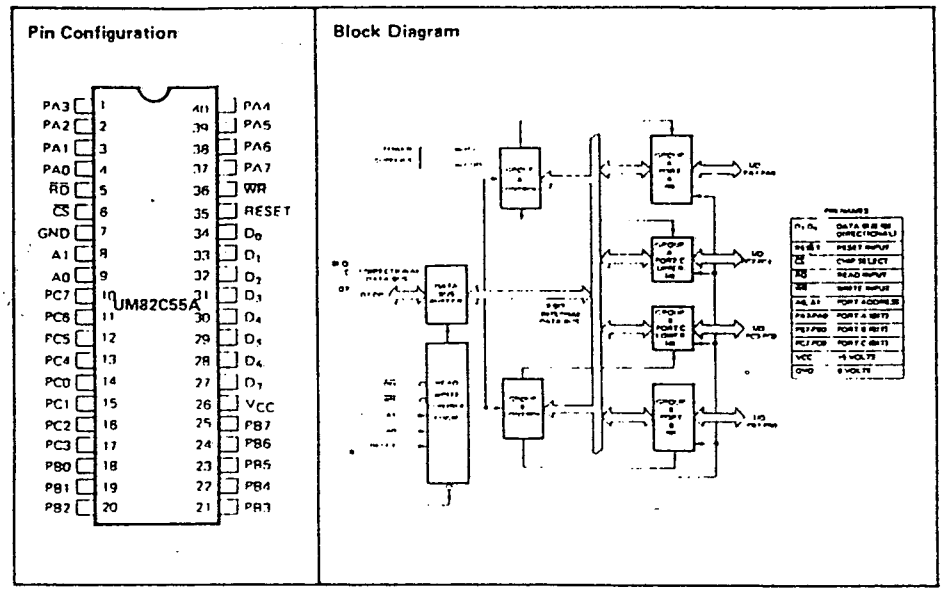


รูปที่ 4.3 แสดงรูปดิปสวิตช์ที่เซตค่าตำแหน่งที่จะใช้งาน

4.2 <u>วงจรไอโอพอร์ต พีซี8255</u>

เลือกใช้ไอซีเบอร์ 8255 Programmable Peripheral Interface เป็นตัวส่ง-รับข้อมูล สำหรับไอซีเบอร์นี้ประกอบด้วยพอร์ตใช้งาน 3 พอร์ต และพอร์ตควบคุมอีก 1 พอร์ต ในการใช้งานของ 8255 จะต้องส่งค่าข้อมูลไปควบคุมว่าจะให้พอร์ตทั้ง 3 พอร์ตของ 8255 ทำหน้าที่เป็นอินพุตพอร์ตหรือเอาต์พุตพอร์ต สำหรับการกำหนดค่าควบคุมพอร์ตนี้นั้นได้แสดงการกำหนดไว้ในรูปที่ 4.3

ในการตั้งค่าตำแหน่งของพอร์ตที่ใช้งานจะใช้ตำแหน่งพอร์ตทั้งหมด 16 พอร์ต เนื่องจากใช้ไอซี 8255 ทั้งหมด 4 ตัว ดังแสดงในรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงรูปลักษณ์ขาของไอซี 8255

DECODE PORT

260H	PORT A(I)
261H	PORT B(I)
262H	PORT C(I)
263H	CONTROL PORT(I)
264H	PORT A(II)
265H	PORT B(II)
266H	PORT C(II)
267H	CONTROL PORT(II)
268H	PORT A(III)
269H	PORT B(III)
26AH	PORT C(III)
26BH	CONTROL PORT(III)
26CH	PORT A(IV)
26DH	PORT B(IV)
26EH	PORT C(IV)
26FH	CONTROL PORT(IV)

รูปที่ 4.5 แสดงตำแหน่งไอโอแมป (I/O Address Map)

สำหรับ 8255 ตัวที่ I พอร์ต A ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 260H
พอร์ต B ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 261H
พอร์ต C ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 262H
พอร์ตที่ควบคุม (Control Port) 8255 ตัวที่ I มีค่า 263H

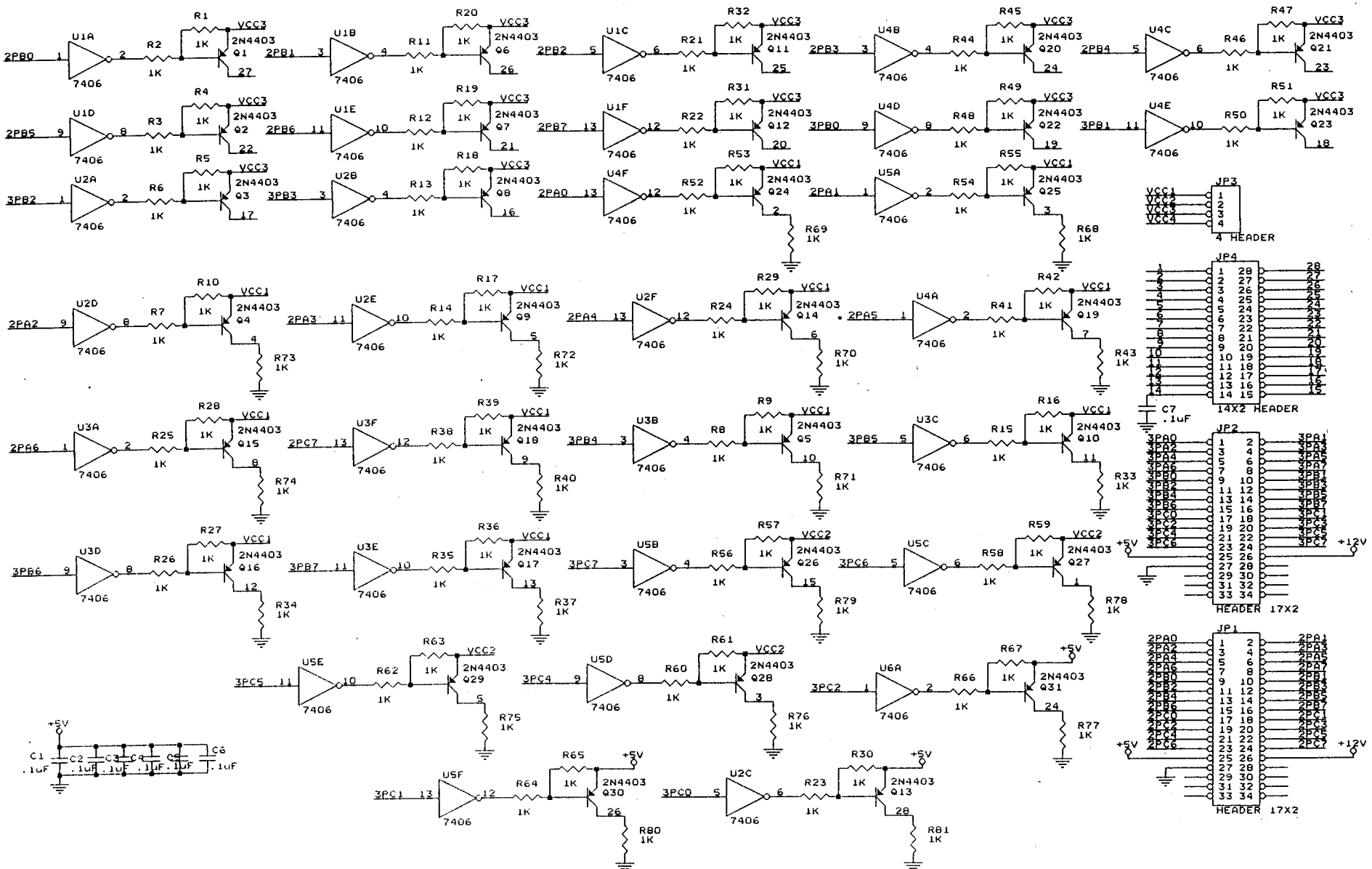
สำหรับ 8255 ตัวที่ II พอร์ต A ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 264H
พอร์ต B ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 265H
พอร์ต C ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 266H
พอร์ตที่ควบคุม (Control Port) 8255 ตัวที่ II มีค่า 267H

สำหรับ 8255 ตัวที่ III พอร์ต A ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 268H
พอร์ต B ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 269H
พอร์ต C ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 26AH
พอร์ตที่ควบคุม (Control Port) 8255 ตัวที่ III มีค่า 26BH

สำหรับ 8255 ตัวที่ IV พอร์ต A ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 26CH
พอร์ต B ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 26DH
พอร์ต C ตั้งค่าตำแหน่งที่ใช้งาน คือ 26EH
พอร์ตที่ควบคุม (Control Port) 8255 ตัวที่ IV มีค่า 26FH

4.3 วงจรควบคุมขาของการโปรแกรม PAL (Control Pins)

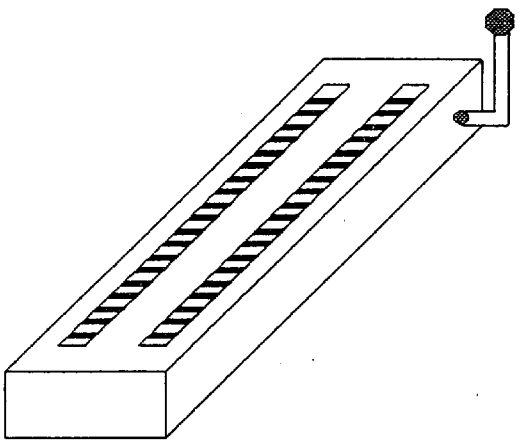
4.3.1 วงจร On-Off Transistor Switches วงจรแสดงไว้ในรูปที่ 4.6 โดยวงจรนี้จะใช้การรับคำสั่งมาจากพอร์ตของ 8255 ผ่านเข้าบัฟเฟอร์ 74LS06 เข้าขาเบสของทรานซิสเตอร์แบบพีเอ็นพี เพื่อทำการไบแอสให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ขาอิมิตเตอร์จะต่อเข้ากับ V_{CC1}, V_{CC2} และ V_{CC3} ส่วนขาคอลเลกเตอร์จะต่อไปที่ขาของเต้ารับ 40 ขา เมื่อเขียนคำสั่งเอาต์มาจากพอร์ต ของ 8255 ให้เป็น 1 จะทำให้ค่า V_{CC1}, V_{CC2} และ V_{CC3} ผ่านไปเข้าขาของ PAL เพื่อเซตค่าแรงดันที่ระดับต่างๆ ตามอัลกอริทึมของการโปรแกรม



รูปที่ 4.6 แสดงรูปวงจร On-Off Transistor Switches

4.3.2 ส่วนที่เป็นเต้ารับ 40 ขา แบบดิป

สำหรับเครื่องที่ได้ออกแบบขึ้นนี้ใช้เต้ารับแบบฌมดูลดิป เป็นมาตรฐานดังแสดงในรูปที่ 4.7 เป็นโมดูลที่หาได้ง่ายในท้องตลาดและนิยมใช้โดยทั่วไป

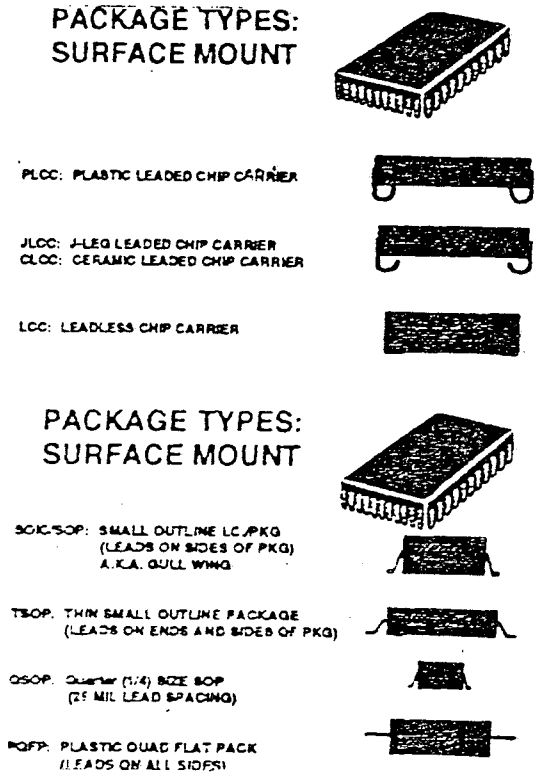


Texttool 40 pins : DIP MODULE

รูปที่ 4.6 แสดงรูปโมดูลของ Texttool ที่ใช้แบบดิป

แต่ปัจจุบันนี้มีแพกเกจโมดูลอยู่หลายแบบรวมทั้งที่เป็นแบบ SMD (Surface Mount Device) เช่น

- PLCC : Plastic Leaded Chip Carrier
- JLCC : J-Leq Leaded Chip Carrier
- CLCC : Ceramic Leaded Chip Carrier
- LCC : Leadless Chip Carrier
- SOIC/SOP : Small Outline I.C/Package
- TSOP : Thin Small Outline Package
- QSOP : Quater (1/4) Size SOP
- PQFP : Plastic Quad Flat Pack



รูปที่ 4.7 แสดงรูปของ Package Module ในแบบที่เป็น SMD (Surface Mount Devices)

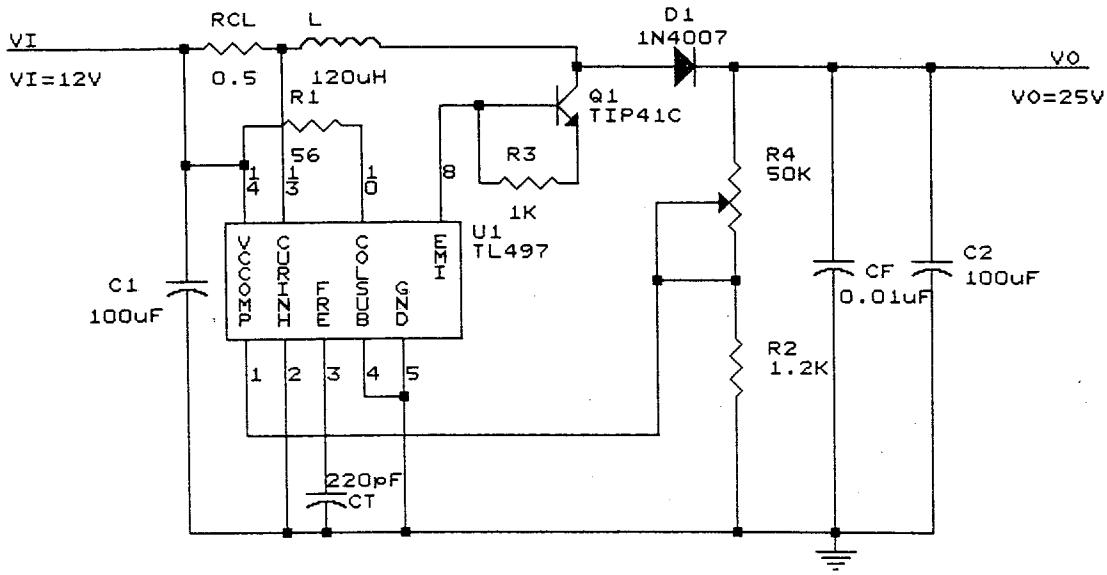
4.4 <u>วงจรจ่ายระดับแรงดันหลายระดับ</u>

สำหรับวงจรในส่วนนี้แบ่งการอธิบายออกเป็น 2 ส่วน คือ

4.4.1 วงจรทบระดับแรงดัน [12] เป็นวงจรที่ใช้สร้างระดับแรงดันจาก 12 โวลต์ ให้เป็นระดับแรงดัน 24 โวลต์ เพื่อส่งค่าแรงดันเหล่านี้ไปที่ขาของ PAL ที่ต้องการโปรแกรมตามข้อมูลของการโปรแกรม เนื่องจากว่าระดับแรงดันในการโปรแกรมอาจต้องใช้ค่า แรงดันที่สูงกว่า 12 โวลต์ แต่แหล่งจ่ายแรงดันจากคอมพิวเตอร์มีค่าสูงสุดเพียง 12 โวลต์ ดังนั้นจึงต้องสร้างวงจรทบระดับแรงดันขึ้น โดยวงจรทบระดับแรงดันที่ใช้ในวงจรนี้แสดงไว้ในรูปที่ 4.8

จากวงจรในรูปเราใช้ TL497 สวิตชิ่งโวลเตจเรกูเลเตอร์เป็นตัวสวิตช์ค่าแรงดัน โดยมีการออกแบบค่า R (Resistor), L (Inductor) และค่า C (Capacitor) ดังสมการต่อไปนี้ [13]

$$I_{PK} = 2I_{OMAX}\left[\frac{V_o}{V_i}\right] \qquad \text{(สมการ 4.1)}$$



รูปที่ 4.8 แสดงวงจรทบระดับแรงดัน

$$L(\mu H) = \frac{V_I}{I_{PK}} t_{on}(\mu s) \qquad \text{(สมการ 4.2)}$$

เลือกใช้ค่า L ให้อยู่ในช่วง 50 ถึง 500 ไมโครเฮนรี เพื่อคำนวณหาค่าต่างๆ โดยที่ t_{on} จะอยู่ในช่วง 25 ถึง 150 ไมโครวินาที

$$C_T(pF) \approx \frac{V_I}{I_{PK}} t_{on}(\mu s) \qquad \text{(สมการ 4.3)}$$

$$R1 = (V_O - 1.2) \quad k\Omega \qquad \text{(สมการ 4.4)}$$

$$R_{CL} = \frac{0.5V}{I_{PK}} \qquad \text{(สมการ 4.5)}$$

$$C_F(\mu F) \approx t_{on}(\mu s) \frac{\left[\frac{V_I}{V_O} I_{PK} + I_O\right]}{Vripple(PK)} \qquad \text{(สมการ 4.6)}$$

โดยที่ I_{OMAX} คือ ค่ากระแสสูงสุดที่ใช้ ซึ่งมีค่าประมาณ 500 มิลลิแอมป์

I_{PK} คือ ค่ากระแสยอด ได้จากการคำนวณตามสมการ 4.1

V_{ripple} คือ ค่าแรงดันพลิ้ว ซึ่งกำหนดให้มีค่าประมาณ 100 มิลลิโวลต์

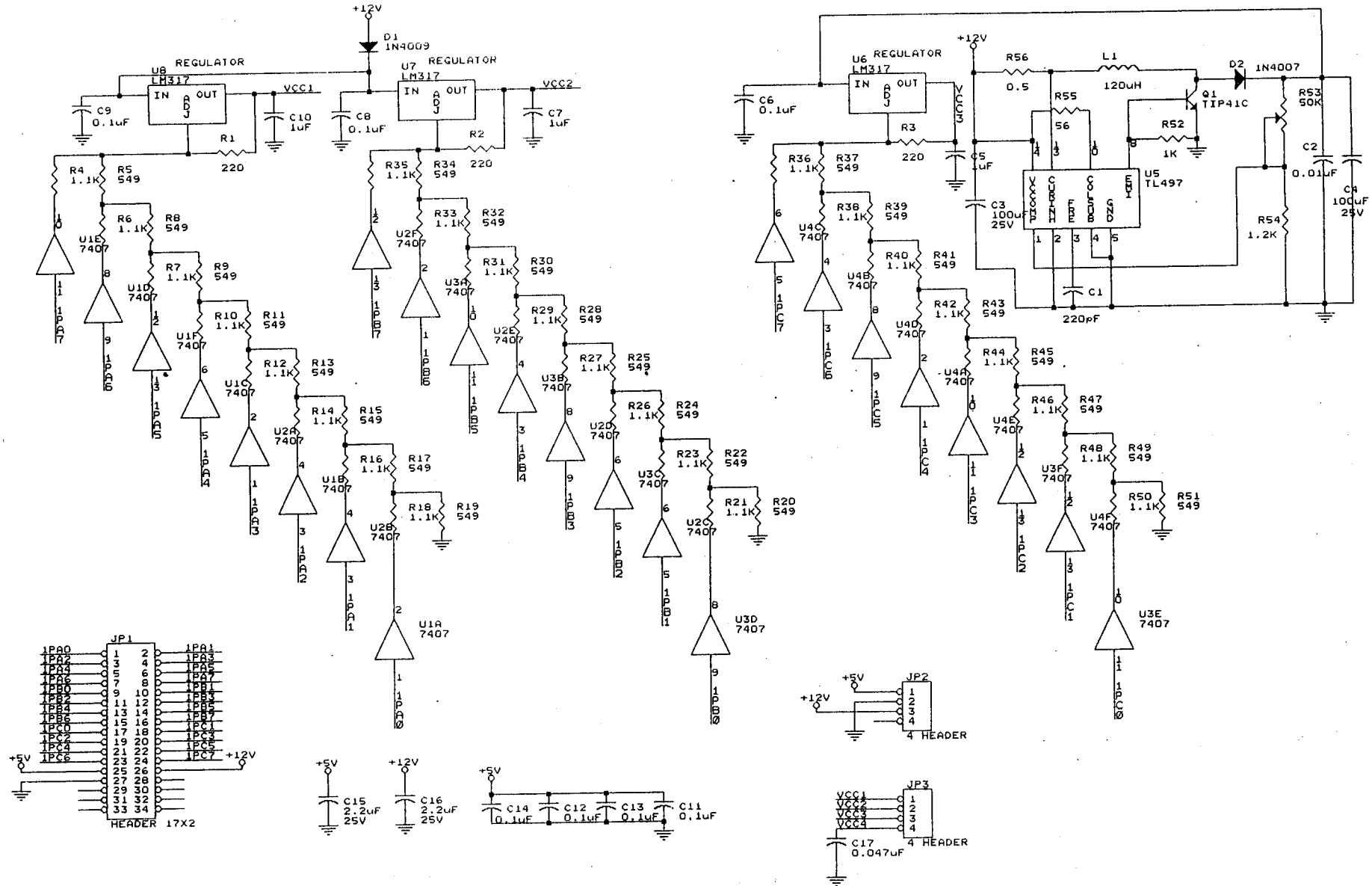
t_{on} จะอยู่ในช่วง 25 ถึง 150 ไมโครวินาที

ค่า L ให้อยู่ในช่วง 50 ถึง 500 ไมโครเฮนรี่

โดยที่กำหนดให้ค่า I_{OMAX} , t_{on} , V_{ripple} และ L เป็นค่าที่ผู้ออกแบบสามารถกำหนดได้จากวงจรฮาร์ดแวร์ที่ออกแบบว่าต้องการให้มีค่าเท่าไร ต่อจากนั้นจึงทำการคำนวณหาค่า R และ C ต่อไปตามสมการข้างต้น

4.4.2 วงจรสร้างระดับแรงดันแบบปรับค่าได้ เป็น วงจรที่จะสร้างค่าแรงดัน Vcc1, Vcc2 และ Vcc3 โดยใช้ LM317 ซึ่งเป็นไอซีสร้างระดับแรงดันที่สามารถปรับค่าได้โดยมีการส่งค่าพอร์ต A, พอร์ต B และพอร์ต C มาเซตค่าแรงดันที่ต้องการ เช่น ส่งค่าพอร์ต A เท่ากับ 0x00H มาตั้งค่าแรงดัน Vcc1 ให้มีค่า 0 โวลต์ และส่ง 0xFFH ให้แรงดัน V_{CC1} มีค่าเท่ากับ 12 โวลต์ และส่งค่า 0x5AH ให้แรงดัน V_{CC1} มีค่าแรงดันเท่ากับ 5 โวลต์ สำหรับพอร์ต B และพอร์ต C จะส่งค่า V_{CC2} และ V_{CC3} ตามลำดับ โดยที่ข้อมูลที่ส่งออก คือ 0xA0H ให้มีค่าแรงดัน V_{CC2} และ V_{CC3} เท่ากับ 12 โวลต์ ในการส่งค่าข้อมูลจะแบ่งได้ละเอียดถึง 2^8 คือ สามารถตั้งค่าแรงดันได้ละเอียดถึง 256 ค่าข้อมูล สำหรับรูปวงจรแสดงไว้ในรูปที่ 4.9 จากรูประดับแรงดันเข้า V_I มาจากเอาต์พุตของวงจรในส่วนวงจรทบระดับแรงดันซึ่งมีค่าประมาณ 27 โวลต์ ผ่านเข้า LM317 และใช้วงจร R-2R Ladder เป็นตัวกำหนดค่าแรงดันที่ต้องการ โดยผ่านเข้าขา Adjust ของ LM317 ซึ่งค่าแรงดันที่ต้องการได้จากการส่งค่าพอร์ตของ 8255 ตามที่ได้อธิบายแล้วในตอนต้น

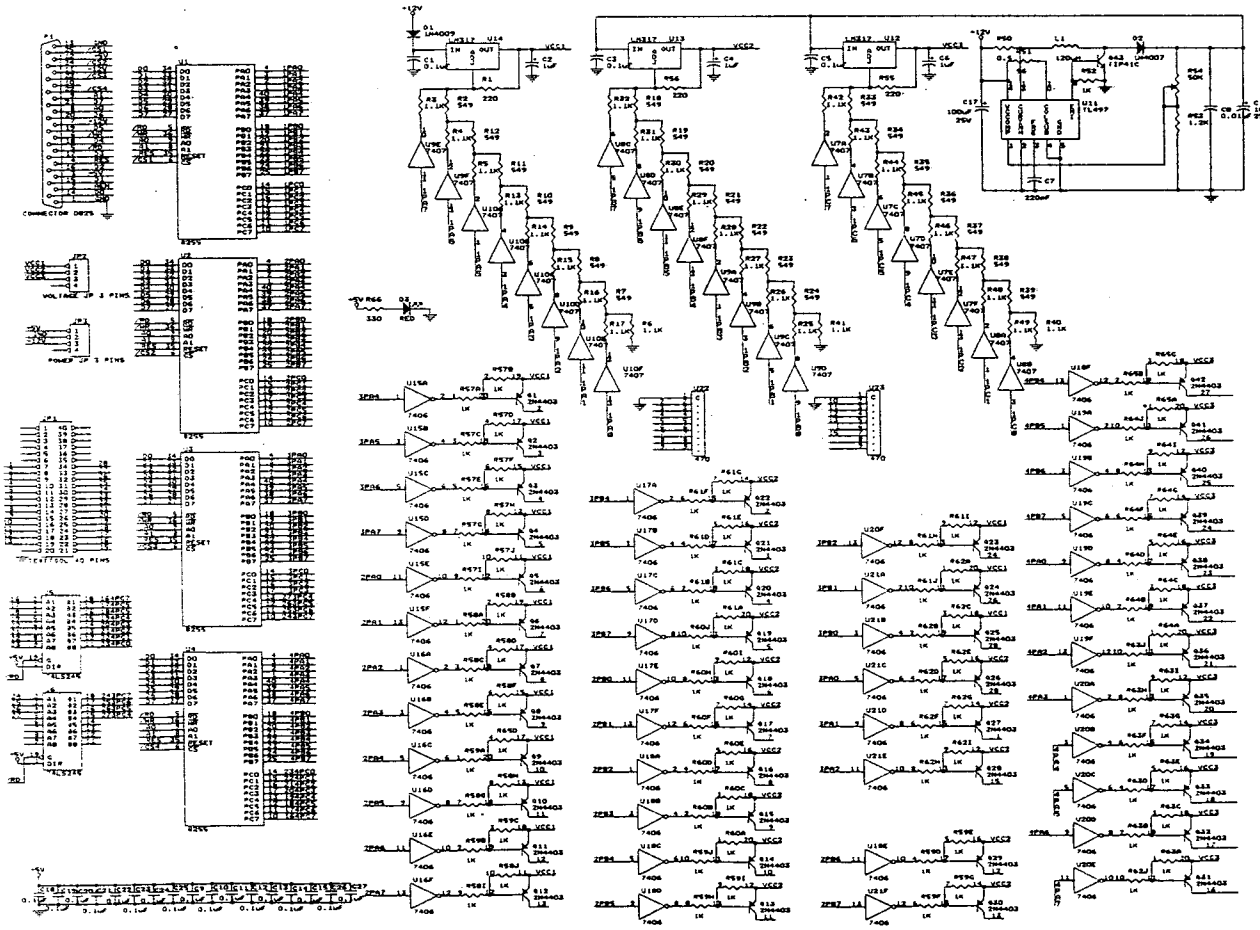
ถ้าเปรียบเทียบวงจรที่ได้ออกแบบ กับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล (Analog to Digital Converter) สาเหตุที่เลือกใช้วงจรนี้ เพราะว่าเราคำนึงถึงกระแสเป็นหลัก เนื่องจากในช่วงที่โปรแกรมขา PAL จะใช้กระแสสูง ซึ่งวงจรนี้จะขับกระแสได้สูงกว่าวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล และสามารถเลือกค่าแรงดันได้ละเอียดขึ้น คือสามารถทำการเลือกได้ละเอียดถึง 2^8 เท่ากับ 256 ค่า



รูปที่ 4.9 แสดงรูปวงจรการสร้างระดับแรงดันโดยใช้วงจรสร้างระดับแรงดันแบบปรับค่าได้ (Adjustable Voltage Regulator)

4.5 วงจรรวมทั้งหมด

จากแผนภาพบล็อกในรูปที่ 4.1 นำมาต่อเป็นวงจรรวมทั้งหมด แสดงไว้ในรูปที่ 4.10 เป็นการรวมวงจรของเครื่องโปรแกรม PAL ทั้งหมดเข้าด้วยกัน โดยที่เมื่อเอาต์พุตจากวงจรอินเตอร์เฟซเข้าสายคู่ขนาน (Parallel) จะผ่านมาเข้าบอร์ดของเครื่องโปรแกรม PAL เพื่อเข้าวงจรไอโอพอร์ตพีซี 8255 ส่วนวงจรในส่วนของการควบคุมขา PAL จะใช้พอร์ตของ 8255 เป็นตัวสวิตช์ขาทุกๆ ขาของ PAL และมีพอร์ตของ 8255 บางส่วนที่ไปเข้ายังส่วนของวงจรสร้างระดับแรงดันเพื่อสร้างระดับแรงดันไปเข้าขา PAL ทุกๆ ขา เพราะขาของ PAL ทุกขาจะสามารถโปรแกรมค่าแรงดันได้



รูปที่ 4.10 แสดงวงจรรวมทั้งหมดของเครื่องโปรแกรม PAL