บีการศึกษา 2533

เครื่องวัดความถี่ 500 MHz

FREQUENCY COUNTER 500 MHz

โดย

นายธงชัย ชาญชัยภักดี 326207

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. ภากรณ์ หุตะสังกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2533

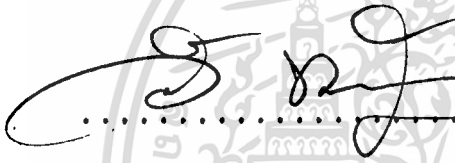
ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมและคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง FREQUENCY COUNTER 500 MHz

ผู้จัดทำ

นายธงชัย ชาญชัยภักดี 326207



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. ภากรณ์ หุตะสังกาศ)

เลขหมู่ ว. 371.51 ธ2
เลขทะเบียน 027984
วัน, เดือน ปี 1 ส.ค. 34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง เครื่องนับความถี่

ชื่อ นายธงชัย ชาญชัยภักดี

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ภากร หุตะสังกาศ

ปีการศึกษา 2533

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ศึกษาวงจรและหลักการทำงานของเครื่องนับความถี่ (Frequency Counter) หลาย ๆ แบบ ซึ่งในการวัดความถี่นั้น สำหรับสัญญาณความถี่ต่ำและสัญญาความถี่สูง การวัดความถี่ถ้าต้องการความแม่นยำสูงจะต้องใช้เวลาในการวัดนาน ฉนั้นจึงได้ทำการออกแบบวงจรและสร้างเครื่องนับความถี่ขึ้นเครื่องหนึ่ง เพื่อประกอบกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ส่วนสำคัญของวงจรอยู่ที่วงจรรวมขนาดใหญ่ (LSI) เบอร์ ICM 7226 B ซึ่งรวมภาคนับความถี่ ภาควัดควบของสัญญาณ ภาคควบคุม ภาคไทม์เบส (Time Base) และภาคขับสำหรับแสดงผล (Display Drive) ด้วยชุดแอลอีดีเจ็ดส่วน (7-segment LED's) อุปกรณ์และวงจรภายนอกที่นำมาประกอบได้แก่ คริสตอล วงจรภาคเข้า (Input) วงจรหารความถี่สูง (Prescaler) ภาคแสดงผล แอลอีดีเจ็ดส่วนสำคัญรูป 8 หลัก และภาคแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ เพื่อควบคุมความถี่ไทม์เบส ทำให้สามารถวัดความถี่ได้สูงสุดประมาณ 500 เมกกะเฮิทซ์ วงจรภาคเข้าทำหน้าที่ขยายสัญญาณจัดรูปสัญญาณให้เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Wave Shaping) และขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่เพิ่มอิมพีแดนซ์ขาเข้า (Input Impedance) ของวงจรให้สูงขึ้นเพื่อไม่ให้ Load วงจรที่จะวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title Frequency

Name Mr. Thongchai Chanchaipakdee

Adviser Mr. Pakorn Hutasangkas

Academic Year 1990

ABSTRACT

The objective of this thesis is to study the principle of the frequency counters, which is, measure frequency, for low frequency and high frequency, if the frequency counting technique would take a very long time to obtain sufficient accuracy. As a partial fulfillment of the thesis a frequency counter is designed and constructed using an ICM 7226 B LSI with a few external components or circuit, namely a crystal, an input circuit, a set of 8-digit 7-segment LED display, an a power - supply. A 10 MHz crystal is used to control the time base allowing the equipment to measure frequencies up to 500 MHz the input circuit amplifiers the signal increasing, shapes the input signal to square wave, and incresses the input impedance of the circuit to reduce leading to the measured circuit.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของเครื่องนับความถี่	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการสร้าง	2
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.4 หลักการเบื้องต้นของเครื่องนับความถี่	3
1.5 บล็อคไดอะแกรมของเครื่องนับความถี่และรายละเอียด	6
1.5.1 ภาคอินพุท (Input)	7
1.5.2 เกท (Gate)	7
1.5.3 ฐานเวลา (Time Base)	7
1.5.4 ชุดนับ (Counter Unit)	8
1.5.5 ชุดแสดงผล (Display Unit)	10
1.5.6 วงจรเลือกโค๊ด (Code Selecter Circuit)	12
บทที่ 2 การสร้าง	
2.1 ภาคอินพุท	16
2.2 วงจรภาคอินพุทและบรีสเกลเลอร์	18
2.3 การทำให้สามารถวัดความถี่ได้สูงขึ้น	21
บทที่ 3 ชุดนับความถี่	
3.1 ลักษณะเด่นของ ICM 7226 A/B	26
3.2 การใช้งาน	27
3.3 ลักษณะวงจรภายในและคุณสมบัติทางไฟฟ้า	28
3.3.1 วงจรสำหรับทดสอบ (Test Circuit)	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การวัดช่วงห่างของสัญญาณ
(Time Interval Measurement) 35
3.5 รายละเอียดการใช้งานของพิน (Pin) ต่าง ๆ 37
3.5.1 อินพุท A และอินพุท B (Inputs A & B) 37
3.5.2 มัลติเพล็กซ์อินพุท (Multiplexed Input) 38
3.5.3 คอนโทรลอินพุท (Control Input Function) 39
3.6 ความเที่ยงตรง (Accuracy) ในการวัด 47
3.7 วงจรใช้งาน (Circuit Applications) 49
3.8 ลักษณะของออสซิลเลเตอร์ (Oscillater Consideration) 54
บทที่ 4 การสร้าง Frequency Counter 500 MHz
4.1 บล็อคไดอะแกรม 58
4.1.1 แอ็ทเทนนิวเตอร์ (Attenuator) 58
4.1.2 บัฟเฟอร์ (Buffer) 58
4.1.3 อินพุทของวงจรขยายและสมิททริกเกอร์
(Input Amplifier and Schmitt Trigger) 58
4.1.4 ปรีสเกลเลอร์ (Prescaler) 60
4.1.5 ภาคนับความถี่ (Counter) 60
4.1.6 ชุดสวิทช์ (Switch Network) 60
4.1.7 ชุดแสดงผล (Display) 61
4.1.8 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply) 61
4.2 การทำงานของ Frequency Counter 500 MHz 61
4.2.1 การทำงานของ Frequency Counter 100 MHz 63
4.2.2 การทำงานของ Prescaler 100 MHz 66
4.2.3 การทำงานของ Prescaler 600 MHz 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การสร้าง Frequency Counter 67

4.3.1 การออกแบบปลายบลิ้นท์ 67

4.3.2 การปรับแต่ง 67

บทที่ 5 คุณสมบัติของเครื่องนับความถี่

5.1 คุณสมบัติของเครื่องนับความถี่ 74

5.1.1 ย่านความถี่ที่วัดได้ (Frequency Range) 74

5.1.2 ความไวอินพุท (Input Sensitivity) 74

5.1.3 อินพุทอิมพีแดนซ์ (Input Impedance) 74

5.1.4 ความแม่นยำของการวัดความถี่

(Frequency Accuracy) 74

5.1.5 เวลาเปิดเกท (Gate Time) 74

5.1.6 รีโซลูชั่น (Resolution) 75

5.2 การทดสอบคุณสมบัติ 75

5.2.1 การทดสอบย่านความถี่ที่วัดได้ (Frequency Range) 75

5.2.2 การทดสอบความไวของอินพุท (Input Sensitivity) 75

5.2.3 ความเที่ยงตรง (Accuracy Test) 75

5.3 สรุป 77

ภาคผนวก

ไอซีหารความถี่สูง (Prescaler)

MMIC (Microwave Monolithic Integrated Circuit)

DATA 74HC04 Hex Inverter

DATA 74HC86 Quad 2-Input Exclusive OR Gate

DATA ICM 7226 A/B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของเครื่องนับความถี่

ในสมัยก่อนถ้าเราต้องการทราบความถี่ของสัญญาณใด ๆ เราอาจทำได้หลายวิธี อาจจะใช้ออสซิลโลสโคปวัดค่าช่วงเวลา (Period) ออกมาแล้วคำนวณหาค่าความถี่จากสูตร

$$F = \frac{1}{T(sec)} \quad C/S \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

หรือจะใช้ความรู้เกี่ยวกับ Lissajous Pattern โดยใช้ออดิโอ เยนเนอเรเตอร์ (Audio Generator) ที่สามารถอ่านค่าความถี่ได้ถูกต้อง ป้อนเข้าทางฮอร์ (Hor) ของออสซิลโลสโคป แล้วใช้สัญญาณอินพุทที่จะวัดป้อนเข้าทางเวอร์ (Vert) ของออสซิลโลสโคป แล้วค่อย ๆ ปรับความถี่ของออดิโอ เยนเนอเรเตอร์จนเวฟฟอร์ม (Wave Form) บนจอออสซิลโลสโคปเป็นรูปวงกลม แสดงว่าขณะนี้ความถี่ของออดิโอ เยนเนอเรเตอร์ เท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุท เราก็อ่านความถี่ของสัญญาณได้จากหน้าปัทม์ ของออดิโอ เยนเนอเรเตอร์เลย

ดังจะเห็นปัญหายุ่งยากในการวัดความถี่ และยังขาดความแม่นยำจากวิธีดังกล่าวข้างต้น แต่วงจรเครื่องนับความถี่ที่จะกล่าวถึงนี้จะสามารถอ่านค่าความถี่ที่ต้องการทราบออกมาเป็นตัวเลขได้เลย โดยอาศัยวัสดุกึ่งตัวนำจำพวก ไอ.ซี. (Integrated Circuit) ซึ่งได้วิวัฒนาการมาอย่างมาก และมีบทบาทมากในด้านอุปกรณ์ อีเล็คทรอนิคส์เพราะ ไอ.ซี. มีความเที่ยงตรงสูง และยังประหยัดมากกว่าวงจรที่สร้างด้วยอุปกรณ์อื่น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุที่อุปกรณ์ ไอ.ซี. เป็นที่เชื่อถือก็เพราะว่า

1. การสร้างวงจรอินทีเกรดทำด้วยความประณีตมาก

2. อุปกรณ์ทั้งหมดต่อถึงกันโดยตรงไม่ต้องอาศัยสายต่อจากภายนอก อันอาจจะเกิดการหลุดหลวมได้โดยง่าย

3. กำลังงานที่ใช้ต่ำ กินกระแสน้อยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิภายในวงจรอินทีเกรดน้อยมาก จนแทบไม่มีผลกระทบกระเทือนให้วงจรทำงานผิดพลาด หรือคลาดเคลื่อนแต่ประการใด

ดังนั้นปัจจุบัน ไอ.ซี. จึงมีส่วนสำคัญมากในวงจรอีเล็คทรอนิคส์ด้านต่าง ๆ เพราะใช้ง่ายและเนื่องจากผลิตเป็นจำนวนมากราคาจึงถูก เครื่องนับความถี่ที่สร้างด้วย อุปกรณ์ทรานซิสเตอร์อุปกรณ์อื่น ๆ จะต้องใช้จำนวนมากเมื่อเทียบกับการใช้ ไอ.ซี. จะใช้เพียงไม่กี่ตัวหรือใช้ ชิป.ไอ.ซี. ที่สร้างขึ้นมาใช้เฉพาะนับความถี่เพียงตัวเดียวเท่านั้น ซึ่งเครื่องนับความถี่นี้ใช้ ชิป.ไอ.ซี. เบอร์ ICM 7226 B ซึ่งทำหน้าที่หลายอย่างภายในตัวเดียวทำให้สามารถป้องกันการรบกวนจากนอยส์ (Noise) และจุดต่อต่าง ๆ ที่อาจหลวมในกรณีใช้ ไอ.ซี. หลาย ๆ ตัว

วงจรที่สร้างเครื่องนับความถี่นี้ใช้อุปกรณ์เท่าที่มีขายอยู่ในท้องตลาดเมืองไทยซึ่งสามารถวัดความถี่สูงสุดประมาณ 500 เมกกะเฮิทซ์ โดยแสดงผลตัวเลข แอลอีดี LED 7 เซกเมนท์ สี่เหลืองจำนวน 8 หลัก วงจรไทม์เบส (Time Base) ใช้แร่คริสตอล (Crystal) ความถี่ 10 เมกกะเฮิทซ์ประกอบกับ ICM 7226 B วงจรจึงมีความแม่นยำสูง (Accuray)

1.2 วัตถุประสงค์ของการสร้าง

ในการสร้างเครื่องนับความถี่และคาบของสัญญาณนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะ

1. แสดงแผนผังของเครื่องนับความถี่ วิธีการสร้างเครื่อง และการออกแบบวงจรภาคอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. แสดงการทดสอบคุณสมบัติของเครื่องที่สำคัญ ๆ เช่น ความไว (Seneitivity) ความเที่ยงตรง (Acouracy)

3. เพื่อให้ได้เครื่องนับความถี่ไปใช้งานต่าง ๆ ได้ และเข้าใจวิธีการใช้เครื่องนับความถี่ได้อย่างถูกต้อง

4. ทำให้ได้เครื่องมือวัดที่มีราคาถูกและใช้งานได้สะดวก รวดเร็ว มีความแม่นยำสูง

1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจเกี่ยวกับเรื่องเครื่องนับความถี่โดยจะสามารถเข้าใจหลักการทำงาน และแบบแผนในการสร้างเครื่อง ตลอดจนเทคนิคในการนำไปใช้ในงานต่าง ๆ

2. ทำให้ทราบคุณสมบัติที่ดีของเครื่องนับความถี่ ควรจะมีอย่างไรบ้าง และวิธีการตรวจสอบคุณสมบัติ

3. มีเครื่องนับความถี่ไว้ใช้งานได้ และเป็นแนวทางในการศึกษา

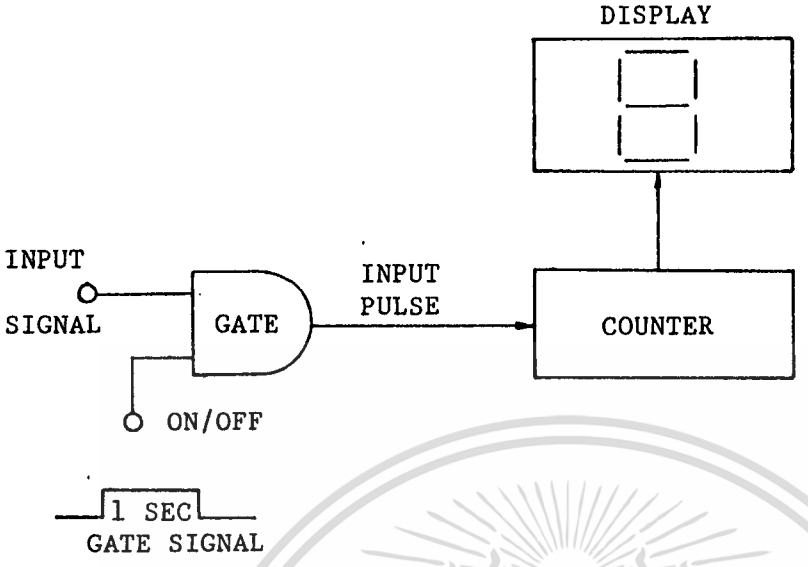
4. เป็นแนวทางในการสร้างเครื่องนับความถี่ราคาถูก

1.4 หลักการเบื้องต้นของเครื่องนับความถี่

ก่อนอื่นเราต้องเข้าใจคำว่าไซเกิ้ลต่อวินาที (Cycle/second) เสียก่อน คำว่า ไซเกิ้ลต่อวินาที หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในช่วงเวลา 1 วินาที ความถี่ 1 ไซเกิ้ล/วินาที (C/S or Hz) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณแล้วกลับมาที่แหน่งเดิมอีกครบ 1 รอบพอดีในเวลา 1 วินาที

จากนี้ถ้าเรามีเคาเตอร์ เกท คอนโทรล (Counter gate Control) และมีช่วงเวลาเป็นบวก (Positive Period) 1 วินาที ดังนั้นเกท (Gate) จะเปิดให้มีพัลซ์ (pulse) เข้าสู่เคาเตอร์เป็นเวลา 1 วินาที ค่าที่แสดงออกมา (Display) จะเป็นจำนวนพัลซ์ต่อวินาที (pulse/second) นั่นคือจะเป็นค่าความถี่ของสัญญาณที่ป้อนเข้าไป สำหรับการวัดความถี่สูงขึ้น ทำได้โดยลดเวลาเปิดเกทลงมา ค่าที่อ่านได้ต้องคูณด้วยจำนวนเวลาที่ลดลงมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.1 บล็อคไดอะแกรมแสดงทางสัญญาณที่ป้อนเข้าเคาเตอร์

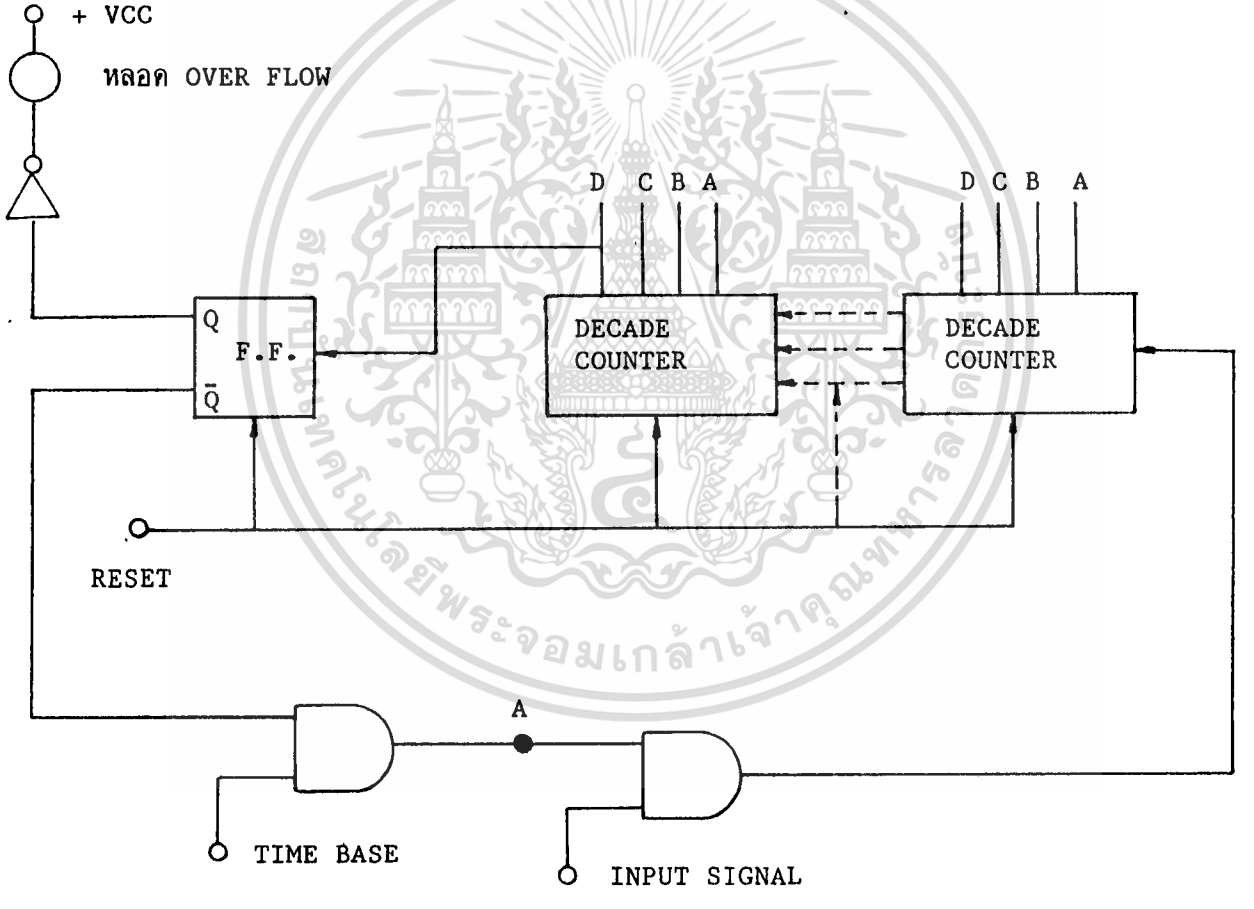
-เคาเตอร์ เกท คอนโทรล (Counter Gate Control)

ในการใช้งานจริง ๆ มักมีการเริ่มต้น (Start) และหยุด (Stop) ของการนับเสมอ จากรูปที่ 1.1 แสดงการควบคุมการนับซึ่งมันจะเริ่มปล่อยให้สัญญาณอินพุทผ่านเข้าไปยังวงจรนับได้เมื่อสัญญาณเกท (Gate Signal) เป็นช่วงเวลาบวก (+V Period)ขณะที่เป็นช่วงเวลาบวกของเกท สัญญาณเอาท์พุทของแอนท์เกท (And Gate) จะเปลี่ยนไปตามสัญญาณอินพุทเวลาคือเป็นลอจิก 1 (Logical 1) หรือลิจิก O (Logical O) ตามสัญญาณอินพุท

จากที่กล่าวมานี้ ถ้าเราจะนำวงจรไปใช้งานจะมีข้อเสีย คือเมื่อเคาเตอร์นับเกินสเกล (Scale) แล้ว ช่วงเวลาบวกของสัญญาณควบคุมเกท (Gate Control Signal) ยังไม่เป็นลอจิก O ดังนั้นท่านที่อ่านได้จึงผิดพลาด เพื่อแก้ปัญหานี้เราเอาเอาท์พุทของภาคสุดท้ายต่อเข้ากับอินพุทของฟลิบฟลอบ (F.F.) รูปที่ 1.2 เมื่อเกิดการนับเกินสเกลเอาท์พุท ของฟลิบฟลอบจะเป็นลอจิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้หลอดโอเวอร์ (Over) ในวงจรสว่าง ขณะเดียวกันเอาท์พุท Q ของฟลิบฟลอบก็จะเป็นลอจิก 0 ทำให้ไทม์เบส (Time Base) หรือสัญญาณเกทเป็น 0 ด้วยจึงไม่มีสัญญาณอินพุทเข้าไปในวงจรอีกเมื่อไม่มีการนับ หรือก่อนที่จะมีการนับทุกครั้งต้องมีสัญญาณรีเซท (Reset Signal) ไปรีเซทวงจรก่อนทำให้เคาเตอร์เป็น 0 และเอาท์พุท Q ของฟลิบฟลอบเป็นลอจิก 1 ซึ่งมีไทม์เบสออกไปที่ B จนการนับโอเวอร์ (Over) Q จะเป็นลอจิก 0 ที่ A จะเป็น 0 ด้วย สัญญาณอินพุทก็จะถูกตัดวงจร (Open Circuit) ไปเราก็ต้องเปลี่ยนย่าน (Range) ของเครื่องนับความถี่เสียใหม่ เพื่อการอ่านจะได้ไม่เกินสเกล

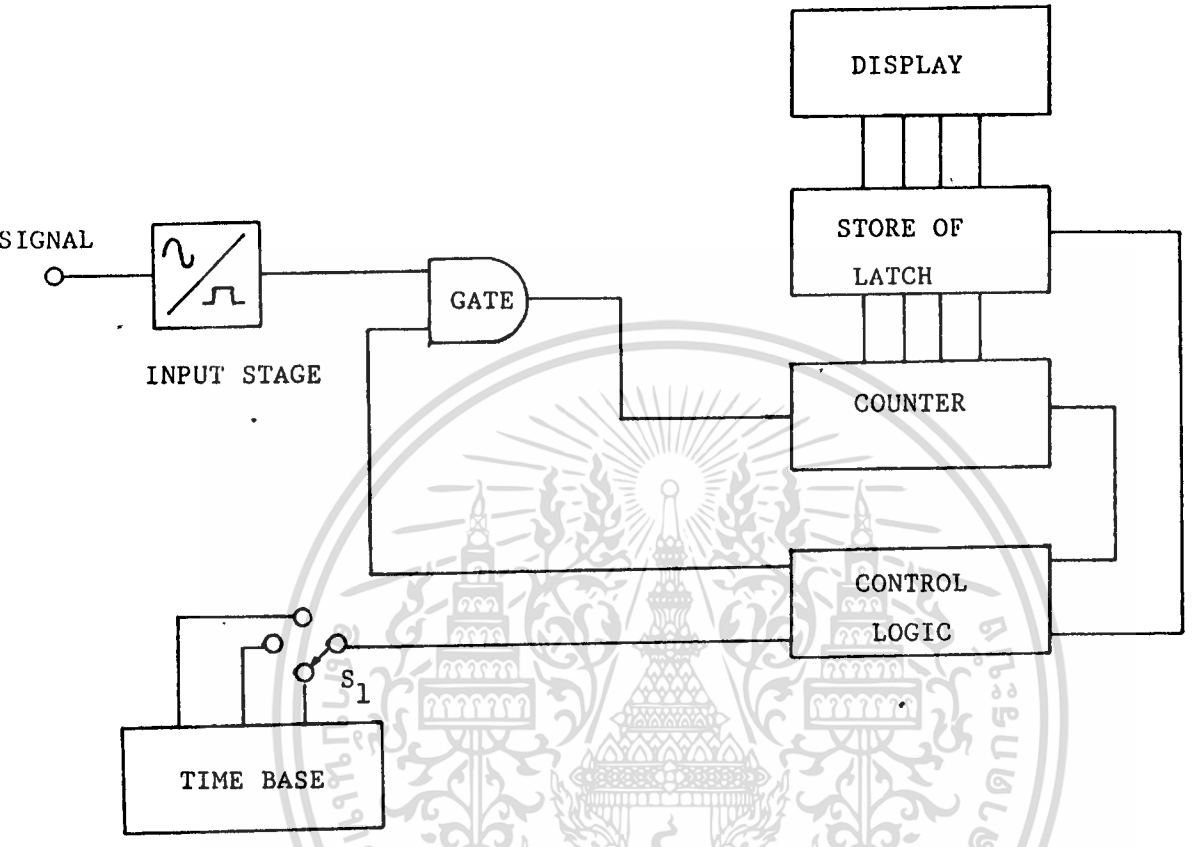


รูปที่ 1.2 แสดงการต่อฟลิบฟลอบเพื่อแสดงการนับเกินสเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องนับความถี่และรายละเอียด (4)

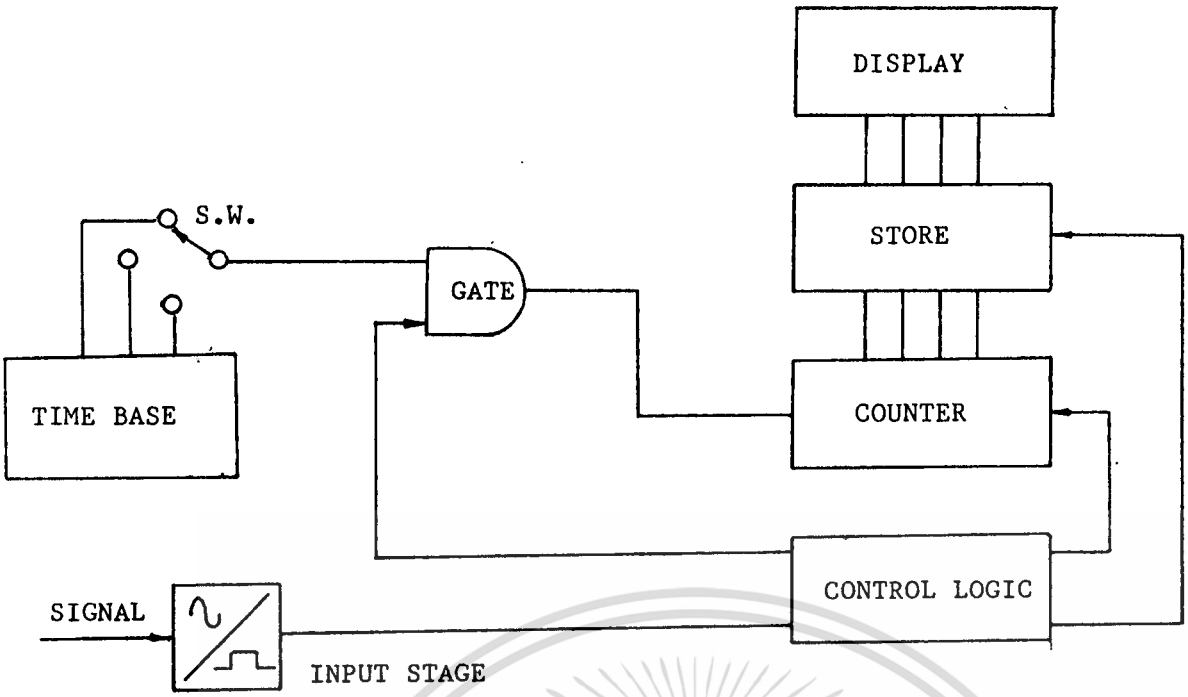
เราสามารถเขียนบล็อกไดอะแกรมเครื่องนับความถี่ได้ดังรูปที่ 1.3 ซึ่งประกอบด้วยบล็อกสำคัญ ๆ ดังนี้



รูปที่ 1.3 บล็อกไดอะแกรมเครื่องนับความถี่

ในการวัดความถี่เราจะวัดความถี่ที่ต่ำ ๆ ได้ ไม่เที่ยงตรงเพราะว่าช่วงเวลาเปิดเกทนานเกือบเท่าสัญญาณอินพุท ดังนั้นเขาจึงใช้เครื่องวัดคาบของสัญญาณ (Period) ในการวัดความถี่ต่ำ ๆ แทน ลักษณะของเครื่องวัดคาบของสัญญาณ (Period) แตกต่างจากเครื่องนับความถี่ที่ภาคของอินพุทและไทม์เบสจะทำหน้าที่กลับกัน โดยจะทำการนับจำนวนพัลซ์ของไทม์เบสในช่วงเวลาหนึ่งไซเกิ้ลของสัญญาณอินพุท ดังรูปที่ 1.4 ส่วนอื่น ๆ เหมือนกับเครื่องนับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



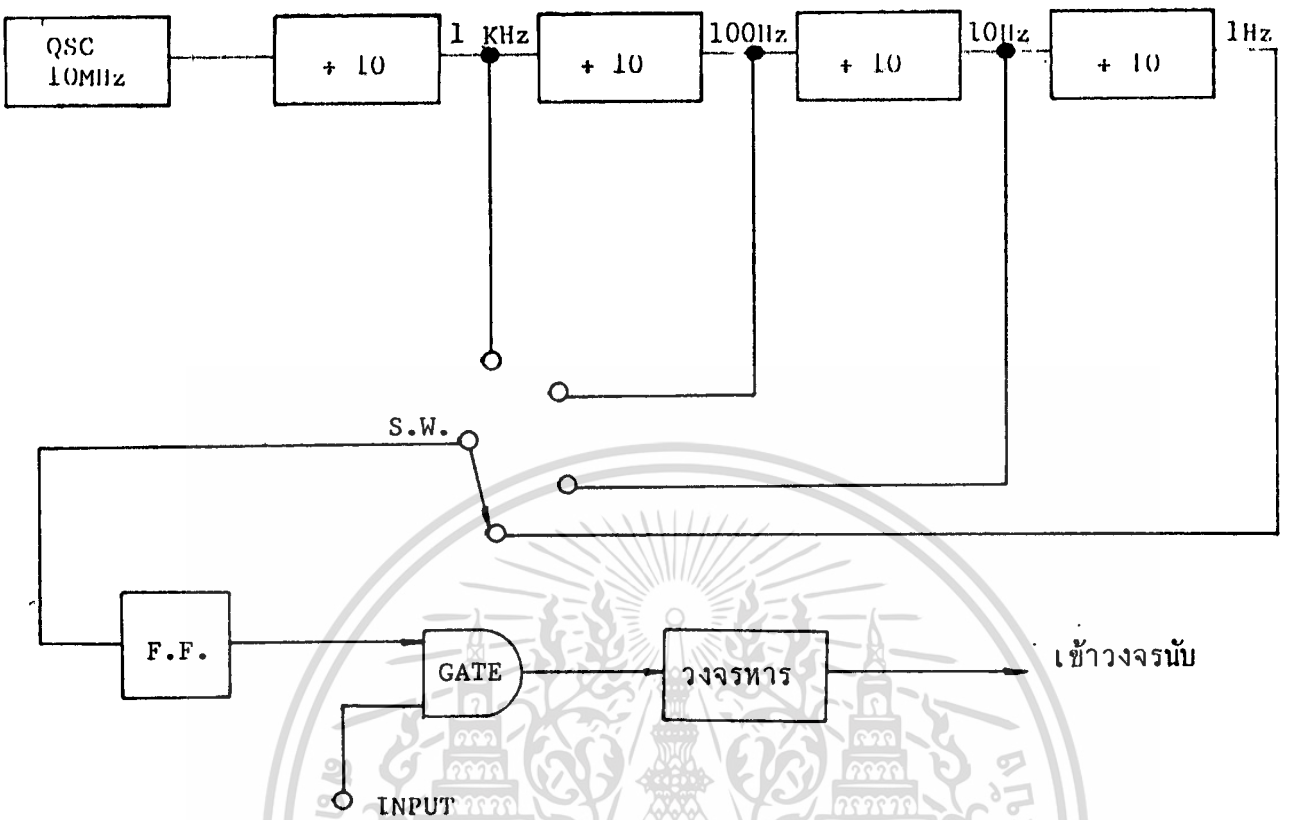
รูปที่ 1.4 บล็อกไดอะแกรมเครื่องวัดคาบของสัญญาณ

1.5.1 ภาคอินพุท (Input) ทำหน้าที่ขยายหรือลดสัญญาณที่เข้ามา แล้วเปลี่ยนรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมเพื่อให้เหมาะสมสำหรับทำงานกับวงจรเครื่องนับความถี่

1.5.2 เกท (Gate) ทำหน้าที่เปิดปิดให้สัญญาณที่จะนับผ่านโดยมีฐานเวลาที่แน่นอนเป็นตัวควบคุมการเปิดปิด

1.5.3 ฐานเวลา (Time Base) โดยทั่วไปใช้แร่คริสตอลเป็นตัวกำเนิดความถี่แล้วหารลงมาให้เหลือความถี่ประมาณ 1 กิโลเฮิทซ์, 100 เฮิทซ์, 10 เฮิทซ์ และ 1 เฮิทซ์ ตามต้องการแล้วผ่านวงจรฟลิบฟลอบเพื่อให้ได้ช่วงเวลาบวก (+V Period) และช่วงเวลาลบ (- Period) เป็นอย่างละ 0.001 วินาที, 0.01 วินาที, 0.1 วินาที และ 1 วินาที ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

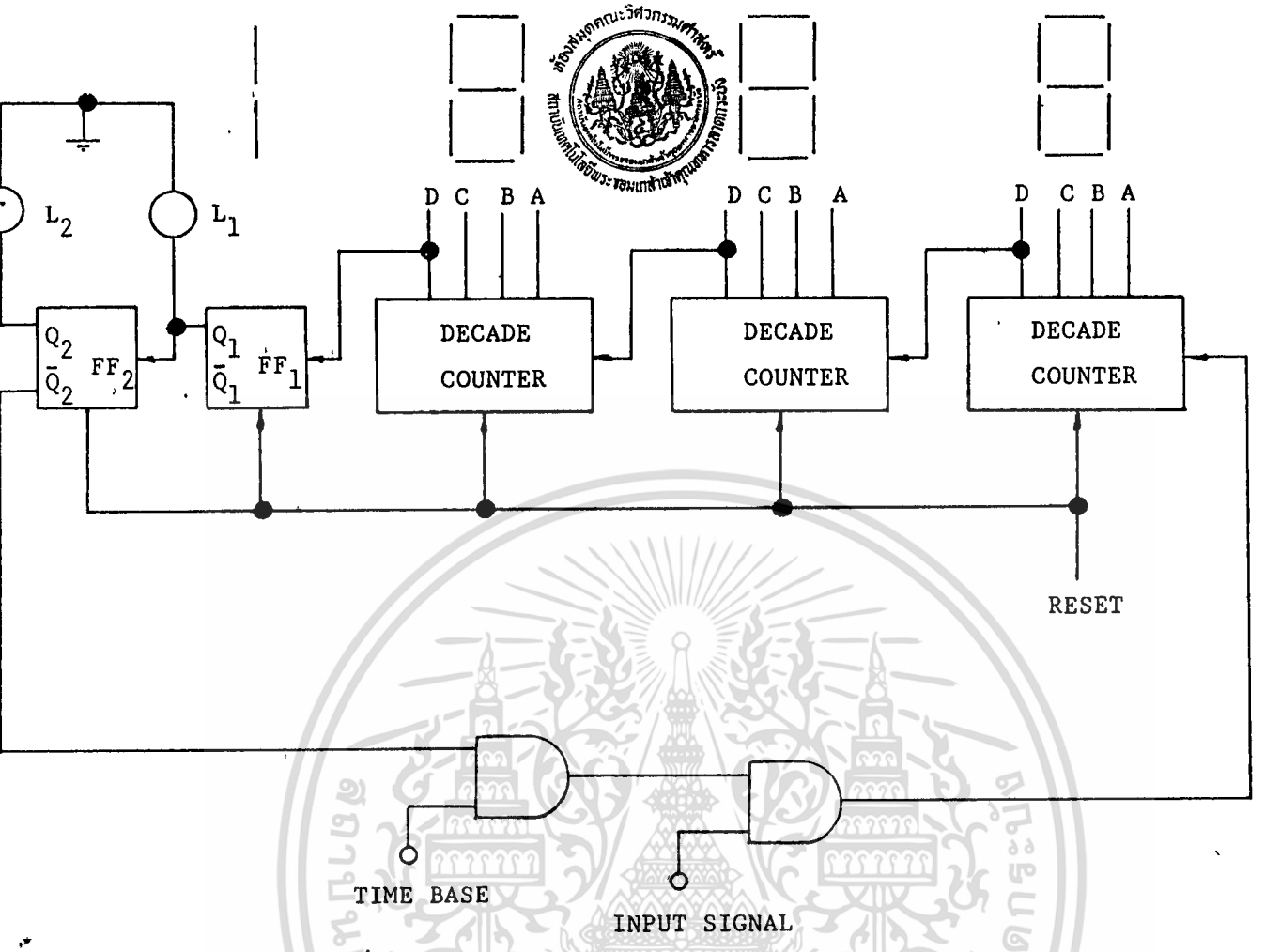


รูปที่ 1.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมของไทม์เบสและการหาร

จากรูป 1.5 การที่ใช้แร่คริสตอล 10 MHz ก็เพื่อให้เวลาที่หารลงมาเหลือความถี่ต่ำ ๆ จะได้มีความเที่ยงตรงมากขึ้น คือ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของความถี่เดิม (10 MHz) จะทำให้ความถี่ที่หารลงมาแล้วเปลี่ยนแปลงตามไปมากน้อย

1.5.4 <u>ชุดของการนับ</u> (Counter Unit) โดยปกติจะเป็นดีเคดเคาเตอร์ (Decade Counter) โดยต่อในลักษณะอันดับกัน จำนวนดีเคดเคาเตอร์ขึ้นอยู่กับจำนวนเลขหลักที่ต้องการ เช่น ในแอลอีดี 7 เซกเมนท์ 3 ตัว ก็ใช้ดีเคด 3 ชุด ต้องการเลขหนึ่งอีกหนึ่งตัวก็ใช้ LED อีหนึ่งเซกเมนท์และหลอดแสดงการนับเกินสเกล (Over flow) เราก็ใช้พลิบฟลอบอีก 2 ตัว โดยตัวแรกแสดงหลักเลขหนึ่ง ส่วนตัวที่สองแสดงการนับเกินสเกล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.6 บล็อกไดอะแกรมเคาเตอร์แบบหลักร่วมกับพลิบฟลอบ

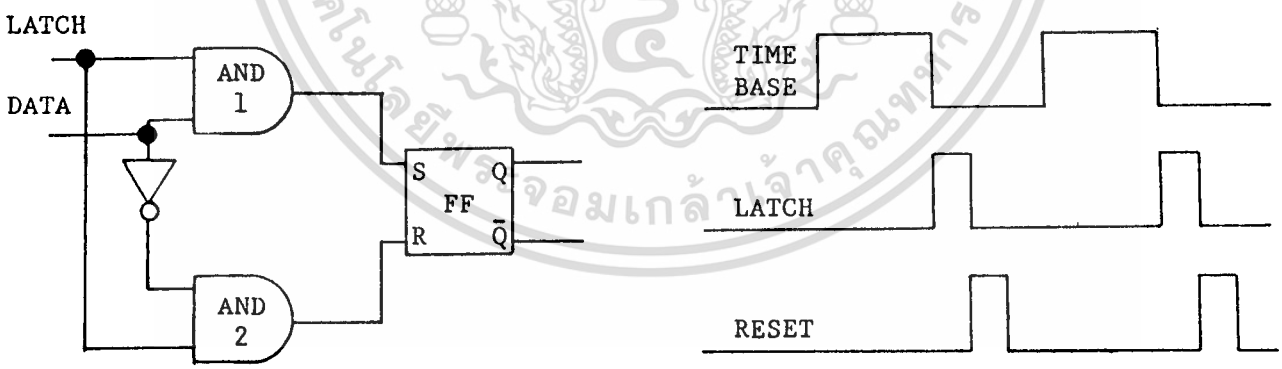
จากบล็อคไดอะแกรมข้างบน เราใช้ดีเคดเคาเตอร์ 3 ตัว และพลิบฟลอบอีก 2 ตัว พลิบฟลอบ FF_1 จะนับ 0 กับ 1 เท่านั้น ในกรณีนี้เราไม่ต้องใช้ดีโค๊ดเดอร์ (Decoder) สำหรับพลิบฟลอบ FF_1 แต่ชุดดีเคดเคาเตอร์ต้องใช้ดีโค๊ดเดอร์ เมื่อมีอินพุทป้อนให้ FF_1 เอาท์พุท Q_1 ก็จะเป็นลอจิก 1 หลอด L_1 จะสว่าง แต่ถ้าพัลซ์เข้ามาถึง 2 ลูก Q_1 จะเป็นลอจิก 1 ก่อนแล้วกลับมาที่ลอจิก 0 ทำให้พลิบฟลอบ FF_1 เปลี่ยนสภาวะ (State) เอาท์พุทจะเป็นลอจิก 1 หลอด L_2 จะสว่าง Q_2 จะตกลงเป็นลอจิก 0 ทำให้ไม่มีอินพุทเข้ามาอีกเราจึงทราบว่าเกิดการนับเกินเสกลแล้ว การนับแต่ละครั้งเมื่อเสร็จจะมีรีเซทพัลซ์ (Reset Pulst) ป้อนเข้าวงจรเพื่อเตรียมการนับใหม่อีกครั้งในช่วงเวลาของสัญญาณเกท (Gate Signal Period) ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5.5 <u>ชุดของการแสดงผล</u> (Display Unit)

เอาท์พุทของดีเคดเคาเตอร์จะออกมาเป็น บี.ซี.ดี.โค๊ด (BCD code) 842 ต้องผ่านวงจรดีโค๊ดเดอร์ (Decoder) อีกครั้งแล้วเอาเอาท์พุทของดีโค๊ดเดอร์ไปขับ (drive) 7 เซกเมนท์ ดิสเพลย์ (Display) อีกต่อหนึ่งก็จะได้เป็นเลขฐานสิบ (Decimal) ออกมา

ก่อนอื่นจะกล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างการนับกับการดิสเพลย์เสียก่อน คือ ระหว่างที่วงจรนับอยู่นั้น โค๊ดที่ต่อไปยังดิสเพลย์ ตลอดเวลาก็จะเปลี่ยนตลอดเวลาเช่นกัน ทำให้ไม่สามารถอ่านได้ต้องรอจนหมดช่วงเวลา (Period) ของฐานเวลา (Time Base) ดิสเพลย์ (Display) จึงค้างอยู่จนกว่าจะมีรีเซท (Reset) เข้ามา ถ้าเราใช้เวลาเปิดเกทเป็น 1 วินาที ซึ่งเราจะอ่านตัวเลขไม่ค่อยทันเพราะมันเปลี่ยนไปกลับมาทุกวินาที เพื่อแก้ปัญหานี้ เราก็ใช้วงจรแลทช์ (Latch) ต่อเข้าไประหว่างดีเคดเคาเตอร์กับดีโค๊ดเตอร์ วงจรแลทช์จะล๊อคโค๊ด (Lock Code) ของดีเคดเคาเตอร์ทุก ๆ ครั้งที่นับเสร็จมันจะใช้เวลาการล๊อค (Lock) น้อยมากหลังจากมันล๊อคแล้ว อินพุทโค๊ดจะเปลี่ยนเป็นเท่าไร เอาท์พุทก็จะไม่เปลี่ยนจนกว่าจะมีสัญญาณแลทช์เข้ามาอีกเพื่อให้มันล๊อคโค๊ด (Lock Code) ใหม่ทุกครั้งที่วงจรนับเสร็จและหลังจากสัญญาณแลทช์ (Latch Signal) ทุกครั้งจะมีสัญญาณรีเซท (Reset Signal) ป้อนเข้าวงจรนับเพื่อให้มันเตรียมตัวในการนับช่วงเวลา (Period) ต่อไป



รูปที่ 1.7 วงจร Latch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูป 1.7 อธิบายการทำงานได้ดังนี้

เมื่อสัญญาณแลทช์ (Latch Signal) เป็นลอจิก 1

-ข้อมูล (Data) เป็นลอจิก 1 ด้วยฟลิบฟลอบจะเซท (Set) เอาท์พุทที่จะเป็นลอจิก 1

-ข้อมูล (Data) เป็นลอจิก 0 ด้วยฟลิบฟลอบจะรีเซท (Reset) เอาท์พุทที่จะเป็นลอจิก 0

เมื่อสัญญาณแลทช์ (Latch Signal) เป็นลอจิก 0

-ข้อมูล (Data) จะเป็นลอจิก 1 หรือ ลอจิก 0 เอาท์พุทที่ Q จะไม่เปลี่ยนแปลง

เมื่อฐานเวลา (Time Base) เป็น 1 วินาที ดิสเพลย์ (Display) จะแสดง (Show) เลขเป็นเวลา 1 วินาทีในช่วงเวลาบวกของฐานเวลาและในช่วงเวลาลบ อีกประมาณ 1 วินาที ซึ่งหลังจากหมดช่วงเวลาบวก (+V Period) ของฐานเวลาก็จะมีสัญญาณแลทช์ (Latch Signal) ดิสเพลย์ (Display) จะกระพริบเล็กน้อยซึ่งเราเกือบไม่รู้สึก เว้นแต่ว่าโค๊ดที่เข้ามาใหม่เปลี่ยนไปเท่านั้น จะเห็นว่าเมื่อเราใช้วงจรแลทช์ช่วยดิสเพลย์จะแสดงตัวเลขเกือบ 2 วินาที

เมื่อเราใช้ 7 เซกเมนท์ดิสเพลย์ 3 ตัว เราต้องใช้เคาเตอร์โมด (Mode)3 ซึ่งมีตาราง (Truth Table) ดังนี้

NO	A	B
0	0	0
1	0	1
2	1	0
3	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราจัดเอาท์พุทของ A และ B ให้อยู่ในลักษณะดังนี้

1) $\overline{A + B} = 1$

2) $\overline{A + B} = 1$

3) $\overline{A + B} = 1$

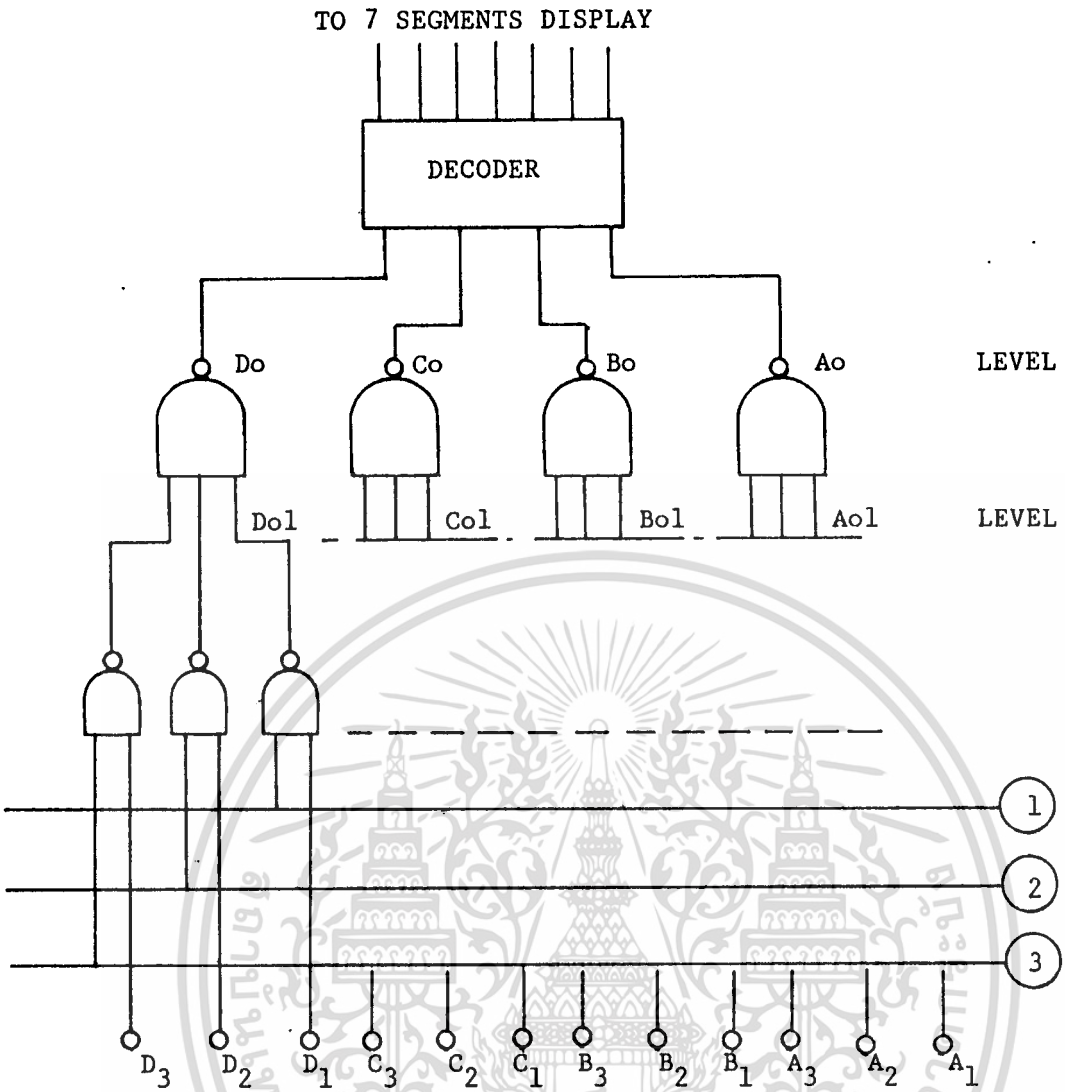
จะเห็นว่าขณะที่มีพัลซ์เข้ามาแต่ละลูก เอาท์พุทของ 1,2,3 จะมีโอกาสเป็นลอจิกของ 1 ได้เพียงตัวเดียวเท่านั้น ดังนั้น 7 เซกเมนท์จะแสดงค่าออกมาเพียงตัวเลข (Digit) เดียว โดยตัวเลข (Digit) แรกสว่างก่อนต่อมาจะเป็นตัวเลข (Digit) ที่ 2 และที่ 3 ตามลำดับ ถ้าสัญญาณคล็อคอินพุท (Clock Input) มีช่วงเวลา (Period) เป็น 0.01 วินาที หมายความว่าตัวเลขแต่ละตัวจะสว่างเป็นเวลา 0.01 วินาที เรียงไปตามลำดับ ดังนั้น 3 ตัวเลขก็จะใช้เวลาในการดิสเพลย์ (Display) เป็น 0.03 วินาที

ใน 1 วินาทีจะดิสเพลย์ (Display) $= \frac{1}{0.03} = 33\frac{1}{3}$ ครั้งต่อวินาที ซึ่งเราจะเห็นเป็นตัวเลขนิ่ง ๆ เท่านั้น

1.5.6 <u>วงจรเลือกโค๊ด</u> (Code Selector Circuit)

เป็นวงจรเลือกโค๊ด คือ เมื่อโค๊ดของ (1) เป็นลอจิก 1 เราก็ต้องให้โค๊ดของตัวเลข (Digit) 1 ออกไปที่ดีโค๊ดเดอร์ ส่วนดีโค๊ดเดอร์ต่อตรงไปยังวงจรเมทริก (Matrix) ของ 7 เซกเม้นท์อยู่แล้ว วงจรเลือกโค๊ดเป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



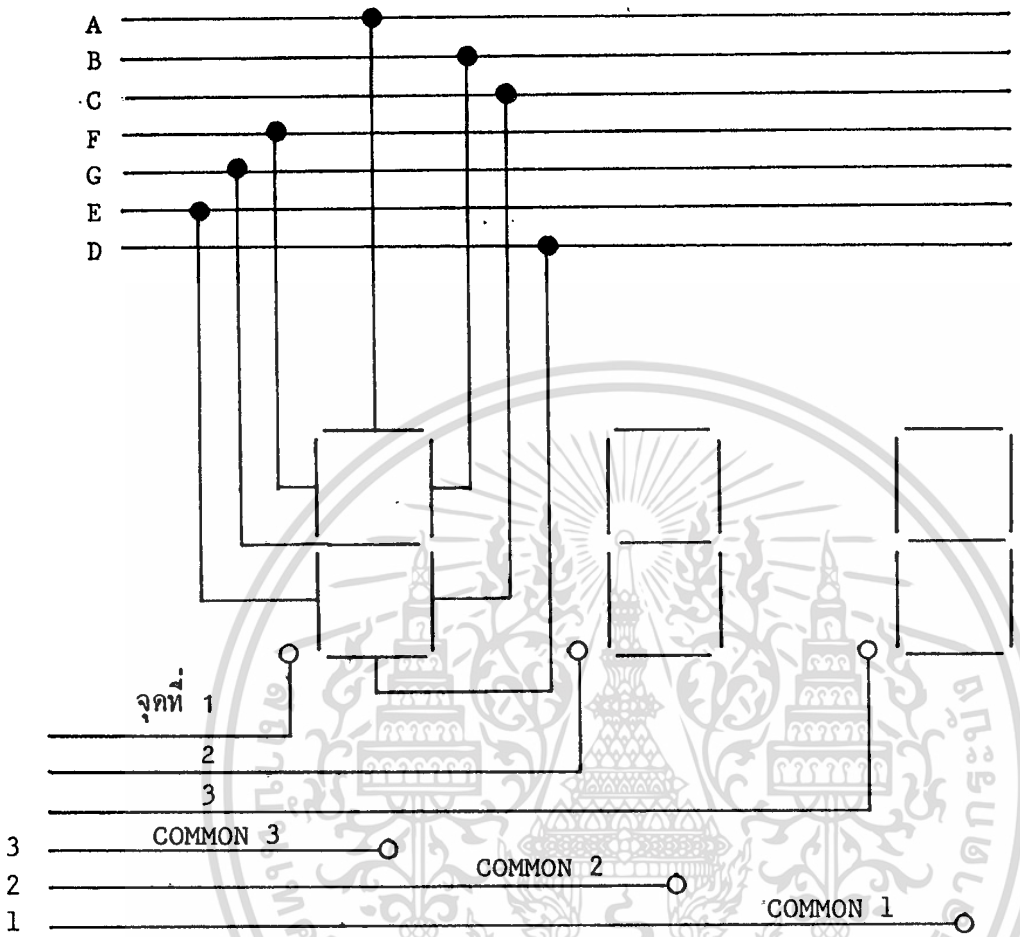
รูปที่ 1.8 วงจรเลือกโค๊ด

เมื่อ (1) , (2) , (3) เป็นลอจิก 0 เอาท์พุทของแนนท์ (NAND) ที่ระดับ X (Level) เป็น 0 หมดด้าย ดังนั้นถ้าต้องการให้โค๊ดของตัวเลข (Digit) (A_1 B_1 C_1 D_1) ผ่านไปยังดีดค๊ดเดอร์จะต้องให้สาย (Line) (1) เป็นลอจิก 1

เมทริก (Matrix) เป็นวงจรของ 7 เซกเมนท์ซึ่งต่อขนานกันทุก ๆ เซกเมนท์ เมื่อแต่ละเซกเมนท์ต่อถึงกันหมด ดังนั้น 7 เซกเมนท์ดิสเพลย์จะได้รับโค๊ดเหมือนกันหมดทั้ง 3 ตัว แต่จะดิสเพลย์ (Display) เพียงตัวเลขเดียว คือ ตัวเลขที่คอมมอนของมันได้รับลองจิก 1 จากสาย (Line) กันที่ (1) , (2) หรือ (3) เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรแสดงดิสเพลย์



รูปที่ 1.9 วงจรแสดงการดิสเพลย์ (Display)

ดังนั้นการสแกน (Scan) ของดิสเพลย์ (Display) 7 เซกเมนท์ เป็นดังนี้

-7 เซกเมนท์ตัวใด ๆ จะดิสเพลย์แต่ละครั้งใช้เวลา (Period) ของมัลติเพล็กซ์ (Multiplex) เช่นใช้เวลาเท่ากับ 1.001 วินาที ความถี่มัลติเพล็กซ์ เท่ากับ 1 กิโลเฮิทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-7 เซกเมนท์ตัวเลขใด ๆ จะดิสเพลย์ (Display) ออกมาได้ต้องมีลอจิก 1 จ่ายให้จุดคอมมอน (Common) และวงจรเลือกโค๊ดของตัวเลขนั้นเสียก่อน

จากที่กล่าวมาทั้งหมดก็เป็นรายละเอียดของภาคต่าง ๆ ของเครื่องนับความถี่สำหรับเครื่องวัดคาบของสัญญาณ (Period) นั้น จะใช้สัญญาณอินพุทมาทำเป็นรูปสี่เหลี่ยมแล้วผ่านฟลิบฟลอบ จากนั้นก็ใช้ช่วงเวลาบวก (V+ Periaod) เป็นเวลาในการเปิดเกท โดยใช้สัญญาณจากไทม์เบสเป็นพัลซ์ความถี่สูงมีค่าแน่นอนป้อนเป็นอินพุท ถ้าความถี่ของไทม์เบสเป็น 1 เมกกะเฮิทซ์ (ความยาวคลื่อน 1 us) แล้วนับได้ 1000 พัลซ์ในช่วงคาบสัญญาณ (Period) ของสัญญาณอินพุท แสดงว่าสัญญาณอินพุทที่วัดมีคาบของสัญญาณ (Period) เท่ากับ 1000 ไมโครเซค

ดังรายละเอียดที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่าเมื่อเราใช้ 7 เซกเมนท์ 8 ตัวจะต้องใช้ ไอ.ซี. ทำดีเคดเคาเตอร์ 8 ตัว และเกทต่าง ๆ อีกมากมาย เพื่อแก้ปัญหานี้จึงใช้แอลเอสไอ (LSI) เบอร์ ICM 7226 B ซึ่งทำหน้าที่เป็นเครื่องนับความถี่โดยมีเอาท์พุทสามารถขับแอลอีดี (LED) 7 เซกเมนท์ได้ถึง 8 ตัว วัดความถี่ได้สูงถึง 30 เมกกะเฮิทซ์ และวัดคาบสัญญาณได้ถึง 10 วินาที โดยใช้แร่คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ ประกอบเป็นชุดฐานเวลา (Time Base) ส่วนอินพุทนั้นต้องการสัญญาณอินพุทเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาดสัญญาณ 5 โวลท์ ดังนั้นวงจรที่ใช้เป็นภาคอินพุทต้องจัดสัญญาณอินพุทที่จะวัดให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมมีขนาด 5 โวลท์ เพื่อป้อนให้ ICM 7226 B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

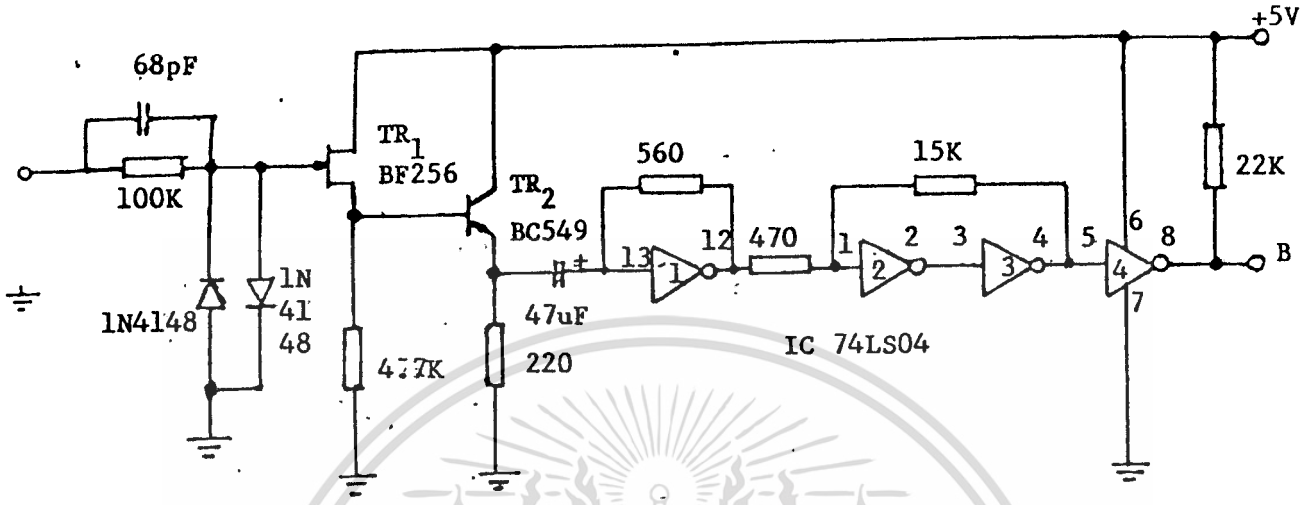
การสร้างภาคอินพุทและวงจรหาร

2.1 ภาคอินพุท

เนื่องจากเครื่องวัดคาบสัญญาณ (Period) และความถี่ (Frequency) ที่ทำนี้ใช้ ICM 7226 B ซึ่งเป็น ชิป. ไอ. ซี. (chip. IC) สามารถทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนเกือบทุกอย่าง ภายใน ไอ.ซี. เบอร์ ICM 7226 B ประกอบด้วยวงจรต่าง ๆ เป็นต้นว่า ดีเคดเคาเตอร์ ดีโค้ดเดอร์ เซกเมนท์ไดรเวอร์ ดิจิทไดรเวอร์ คอสซิเลเตอร์ซีเลคเตอร์ วงจรหาร 10^4 หรือ 10^5 ดาต้าแลทช์ (Data Latch) คอนโทรลลอจิก และอื่น ๆ อีกมาก เมื่อเราใช้ ICM 7226 B ประกอบกับแร่คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ และแอลอีดี (LED) 7 เซกเมนท์ 8 ตัว และอุปกรณ์อื่น ๆ อีกไม่กี่ตัวก็จะได้เครื่องนับความถี่และคาบของสัญญาณ ซึ่งวัดความถี่ได้สูงถึง 10 เมกกะเฮิทซ์ และวัดคาบสัญญาณได้ถึง 10 วินาที เพียงแต่เราต้องสร้างอินพุทให้เหมาะสมกับอินพุทของ ICM 7226 B ซึ่งอินพุทของ ICM 7226 B ต้องเป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) ที่มีแต่ครึ่งบวก และความสูงของสัญญาณประมาณ 4.5 โวลท์ ดังนั้นวงจรอินพุทนี้จะเปลี่ยนสัญญาณที่เราต้องการวัดไม่ว่าจะเป็นรูปซายน์สามเหลี่ยม หรืออื่น ๆ ให้เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีขนาด 4.5 โวลท์ สัญญาณที่มีขนาดเล็กจะถูกขยายขึ้นและสัญญาณที่มีขนาดใหญ่จะถูกลดขนาดลง

วงจรอินพุทนี้จะต้องทำงานที่ความถี่สูงประมาณ 10 เมกกะเฮิทซ์เพราะ ICM 7226 B วัดความถี่ได้สูงสุดถึง 10 เมกกะเฮิทซ์ วงจรรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

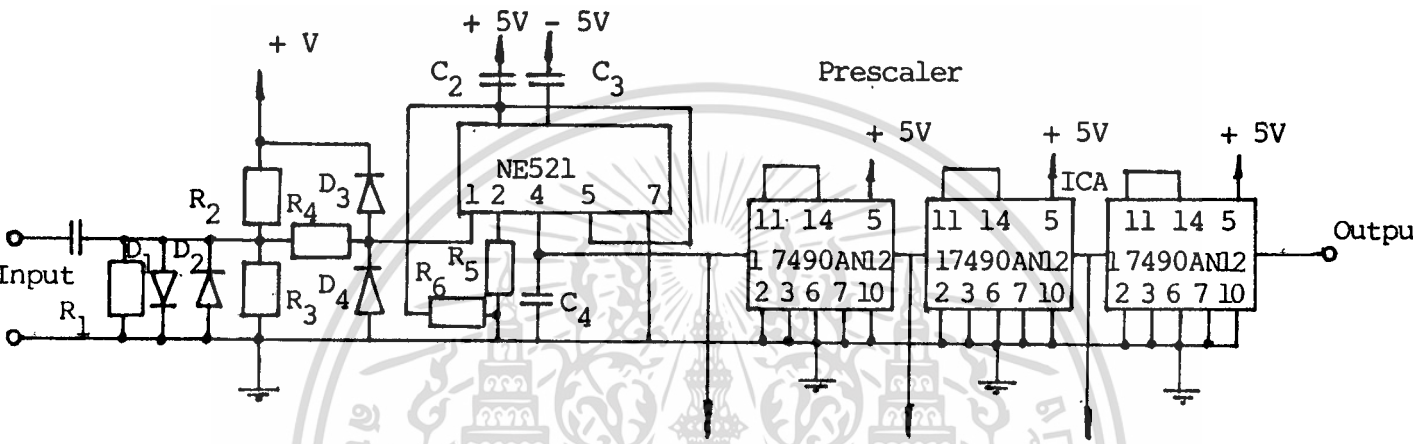


รูปที่ 2.1 วงจรภาคอินพุทโดยใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter)

การออกแบบเราต้องการให้อินพุทอิมพีแดนซ์มีค่าสูง ดังนั้นเราใช้ทรานซิสเตอร์แบบแฟท (FET) เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) และใช้ทรายซิสเตอร์ TR_2 เป็นอีมิตเตอร์ โฟลโลเวอร์ (Emitter Follow) ซึ่งจัดเป็นวงจรที่มีเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำให้กับชุด เอ.ซี.แอมปลิไฟย์เออร์ TR_1 และ TR_2 ต้องเลือกเบอร์ที่มี fr สูง เช่นใช้ TR_2 เบอร์ BF 256 A ซึ่งมี fr สูงถึง 1 GHz และ TR เบอร์ BC 549 ซึ่งมี fr สูงถึง 300 MHz ส่วนภาค เอ.ซี. แอมปลิไฟย์เออร์ใช้อินเวอร์เตอร์ต่อเป็นคาสแคด (Cascading) ตัวที่ 2 และ 3 จัดเกนไว้สูงเท่ากับตัวที่ 2 (15K/470) ประมาณ 60 เท่า ซึ่งจะทำงานในลักษณะไม่ลิเนียร์ เป็นลักษณะชมิททริกเกอร์ เพราะเอาท์พุทถูกลิมิทโดยโลท์ของชัพพลายตัวที่ 4 จัดเป็นอินเวอร์เตอร์ และจัดรูปของสัญญาณให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมยิ่งขึ้น ลักษณะการจัดนี้จะได้เอาท์พุทอินเฟสกับอินพุท สัญญาณเอาท์พุทที่ได้มีขนาด 4.5 โวลท์ โดยต้องใช้ขนาดสัญญาณอินพุทประมาณ 200 mV_{P-P} R_1 100K และ C 68PF กับไดโอด 1N4148 วิ่งเป็นคลิบปลิ้งไดโอด (Clipping Diode) ประกอบกันเป็นวงจรป้องกัน (Protection) ของเฟท (FET) TR_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับอินเวอร์เตอร์ใช้เบอร์ 74Ls04 การใช้อินเวอร์เตอร์เพราะมีความไวสูงจึงสามารถทำงานในย่านความถี่สูงได้ดี แต่วงจรภาค Input นี้เหมาะสำหรับวัดความถี่สูงประมาณ 10 MHz หรือมากกว่านั้นนิดหน่อย แต่ไม่เหมาะสำหรับวัดความถี่สูงมาก ๆ ดังนั้นจึงต้องออกแบบวงจรใหม่ เพื่อให้วัดความถี่ให้สูงถึง 30 MHz ดังวงจรในรูป 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรภาคอินพุทและปรีสเกลเลอร์

2.2 วงจรภาคอินพุทและPRESCALER

ในการออกแบบวงจรอินพุท วงจรจะประกอบไปด้วยภาคอินพุทโปรเทคชั่น (Input protection) ภาคอิมพีแดนซ์ บัฟเฟอร์ (Impedance Buffer) และภาค High speed Schottky Comparator (TTL Compatible Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงาน

ชุดป้องกัน (Protection) มีไว้สำหรับเมื่อสัญญาณอินพุทสูงเกินไป ประกอบด้วยความต้านทาน R 100K และไดโอดแคล์ป เบอร์ 1N 914 สองตัว

ภาค Impedance Buffer จะอยู่รวมกับภาค High speed Schottky ซึ่งใช้ ไอ.ซี. เบอร์ NE 521 ซึ่ง ไอ.ซี. ตัวนี้จะทำหน้าที่เป็นทั้ง Impedance Buffer และ High speed Schottky อยู่ในตัวเดียวกัน โดยจะให้อิมพีแดนซ์ประมาณ 1 M ซึ่งอาจจะยังไม่มากเท่าที่ควร แต่ก็สามารถทำงานได้แน่นอนเที่ยงตรง ถึงแม้ว่าสัญญาณอินพุทจะอยู่ในช่วงที่มีโวลท์เตจสูง ก็ยังสามารถทำงานได้ แต่โวลท์เตจต้องไม่สูงจนเกินไปสำหรับที่จะวัด (ประมาณ 60-70 โวลท์) และเพื่อให้วงจรอินพุทนี้ทำงานได้เร็วขึ้น จึงได้เพิ่มวงจรเข้ามาอีกชุดหนึ่งอยู่ระหว่างชุดโปรเทคชั่นกับ ไอ.ซี. คือมีความต้านทาน R = 2 M กับไดโอดแคล์ป เบอร์ 1N 914 ต่อเข้าไฟบวก 5 โวลท์ และความต้านทาน R = 2 M กับไดโอดแคล์ป เบอร์ 1N 914 ต่อลงกราวด์ โดยทั้งสองจะต่อคร่อมอยู่ระหว่างความต้านทาน 220 ดังในรูป ซึ่งวงจรที่เพิ่มขึ้นมานี้จะทำให้ความไวของวงจรด้านเข้านี้รับสัญญาณได้ต่ำถึง 7 mV_{P-P} ซึ่งถ้าไม่ต่อวงจรชุดนี้เข้าไปความไวแต่เดิมประมาณ 120 mV_{P-P} และวงจรนี้ยังเหมาะสำหรับสัญญาณขนาดเล็กลึกด้วย

ในการทำงานของ ไอ.ซี. เบอร์ NE521 นี้จะต้องใช้ไฟบวก 5 โวลท์ และไฟลบ 5 โวลท์ โดยอินพุทจะป้อนเข้าที่ขา 1 และเอาท์พุทจะออกที่ขา 4 โดย ไอ.ซี. ตัวนี้จะจัดสัญญาณเอาท์พุทให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมและมีขนาดเหมาะสมกับวงจร TTL ความต้านทาน 2.2K ต่อเอาท์พุทกับ +V เพื่อเป็นตัวดึงกระแส (Pull up Resister) เพื่อให้ได้เอาท์พุทที่สามารถนำไปขับ (Drive) TTL ได้ และขอแนะนำวงจรภาคอินพุทแอมพลิฟลายเออร์ อีกแบบหนึ่งที่มีความสามารถในการทำงานได้สูงและเหมาะสมสำหรับที่จะใช้เป็นภาคอินพุท วงจร Counter ของ ไอ.ซี. ICM 7226 B ได้ดี และชุดบรีแอมปลิฟายเออร์สำหรับเลือกวัดสัญญาณความถี่ที่โวลท์เตจแตกต่างกันได้สูงถึง 300 V (ดังในรูปที่ 2.3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

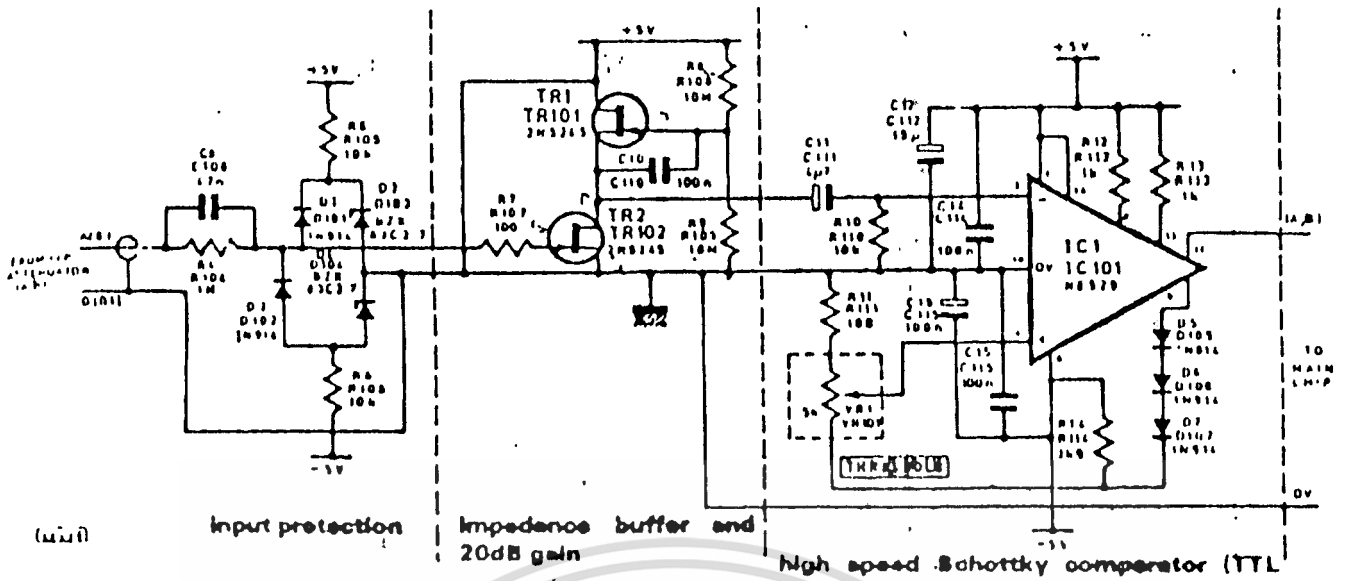
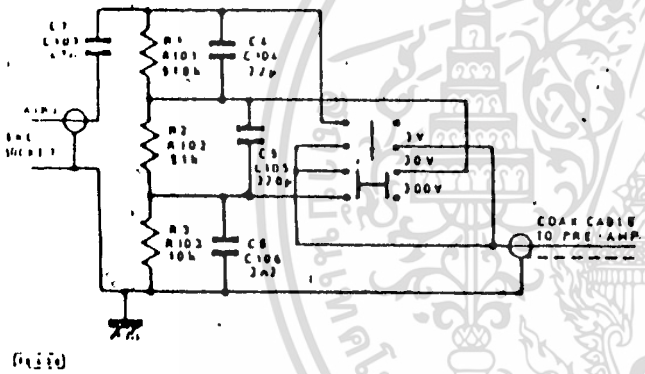
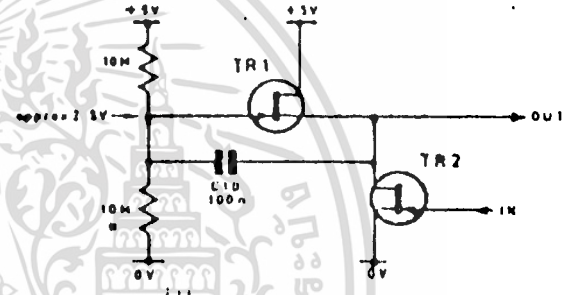


Fig. 2. Input circuits.





$$\text{Gain} \approx \frac{Y_{fs}}{2(Y_L + Y_{os})}$$

where Y_L = load admittance
$Y_L >> Y_{os}$ ∴ Load defines gain
Since load is fixed, gain is stable

Fig. 4. Impedance buffer and 20dB gain.
*Preserves high slope impedance

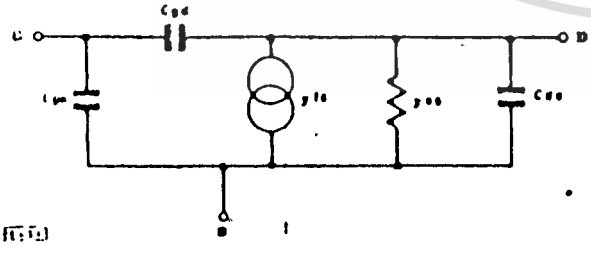


Fig. 3. Practical small signal model of single f.e.t. Note: C_{dg} is usually negligible

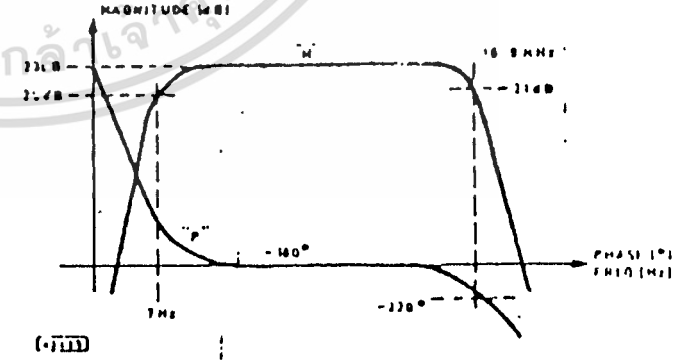


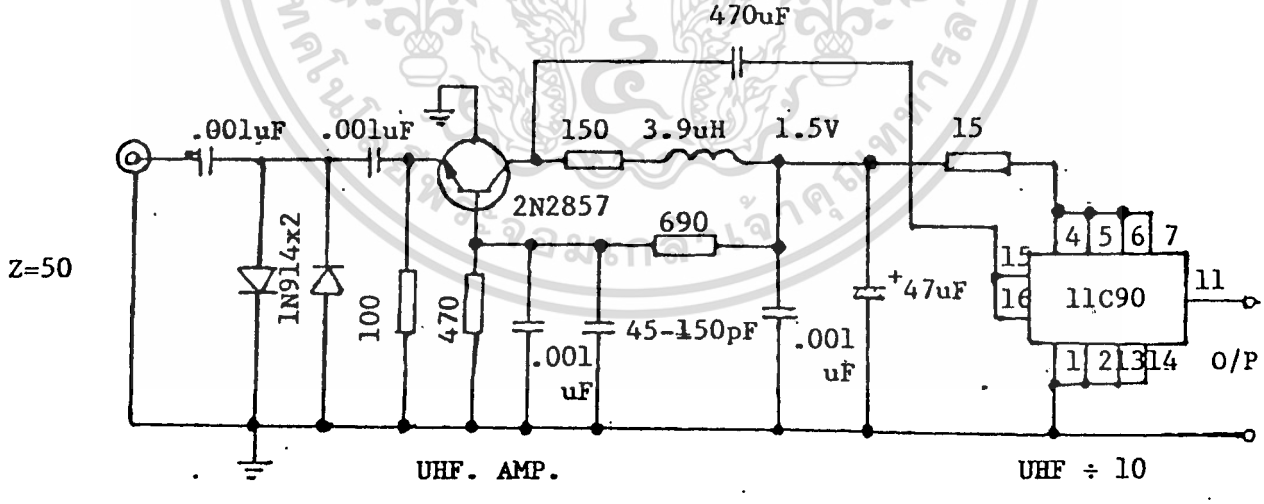
Fig. 5. Magnitude/phase/frequency relationship

รูปที่ 2.3 วงจรแสดงภาคอินพุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

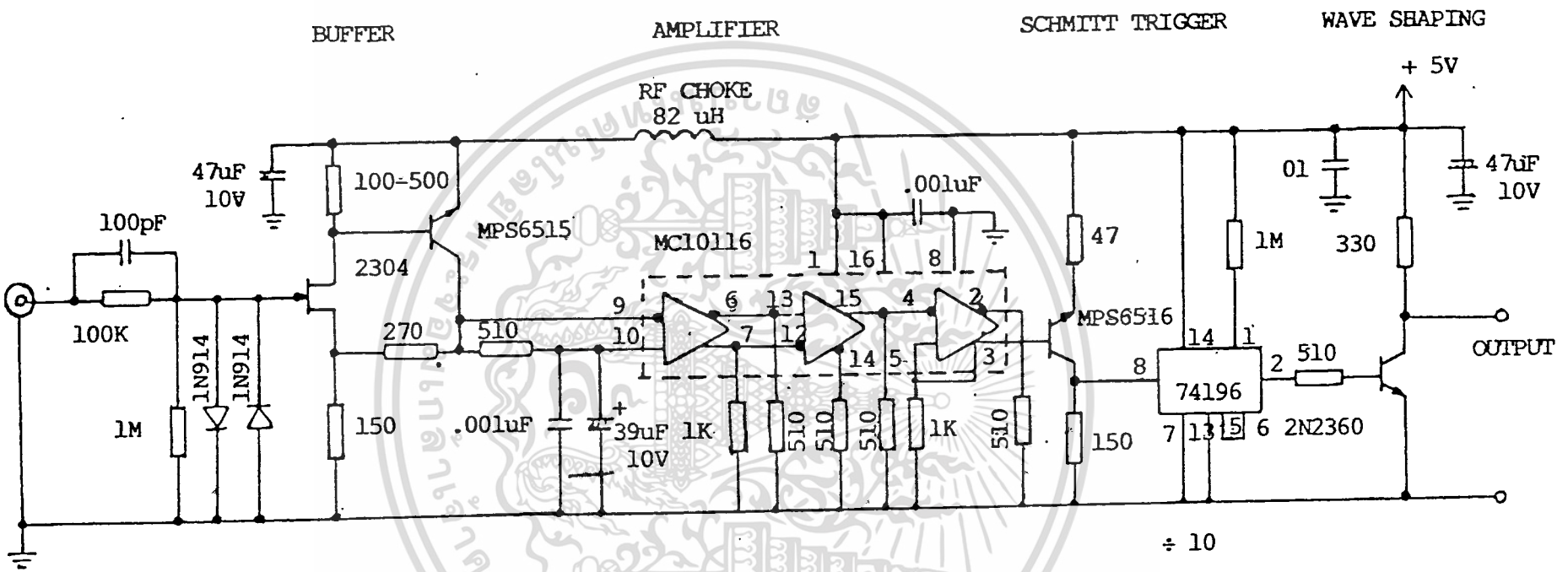
2.3 <u>การทำให้สามารถวัดความถี่ได้สูงขึ้น</u>

ในกรณีที่ต้องการวัดความถี่สูง ๆ เราจะต้องใช้ปรีสเกลเลอร์ (Prescaler) ซึ่งมีความไวสูง (High Sensitvity) เช่น วงจรตัวอย่างในรูปที่ 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 และ 2.8 แต่วงจรที่แนะนำมานี้ไม่ค่อยเป็นที่นำคุปกรณ์ทำงานความถี่สูงหาซื้อได้ยาก สำหรับกรณีความถี่สูงมาก ๆ การออกแบบลายปริ้นท์และเทคนิคการบัดกรีมีความสำคัญมาก ตลอดจนการเลือกใช้คาปาซิเตอร์ควรเลือกใช้แบบเซอรามิค (Ceramic Disc) ที่มีค่าอินดักแตนท์ภายในตัวต่ำ (Low Self - Inductance) และสายต่อต่าง ๆ จะต้องทำให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้เพื่อป้องกันการลด (Attenuation) เนื่องจากอินดักแตนท์ของสาย (Lead Inductance) เนื่องจากความถี่สูงมาก อินพุทอิมพีแดนท์จึงไม่สามารถทำให้สูงได้ เนื่องจากค่าประจุไฟฟ้าที่ขนานในสายโคแอกซ์ของอินพุท ซึ่งจะลดอินพุทอิมพีแดนซ์ลง ดังนั้นปกติจะมีอินพุทอิมพีแดนซ์ 50 โอหม์ ที่ความถี่ 600 MHz ซึ่งสามารถต่อสายอากาศแบบ 50 โอหม์ เป็นตัวรับสัญญาณ RF อินพุทได้

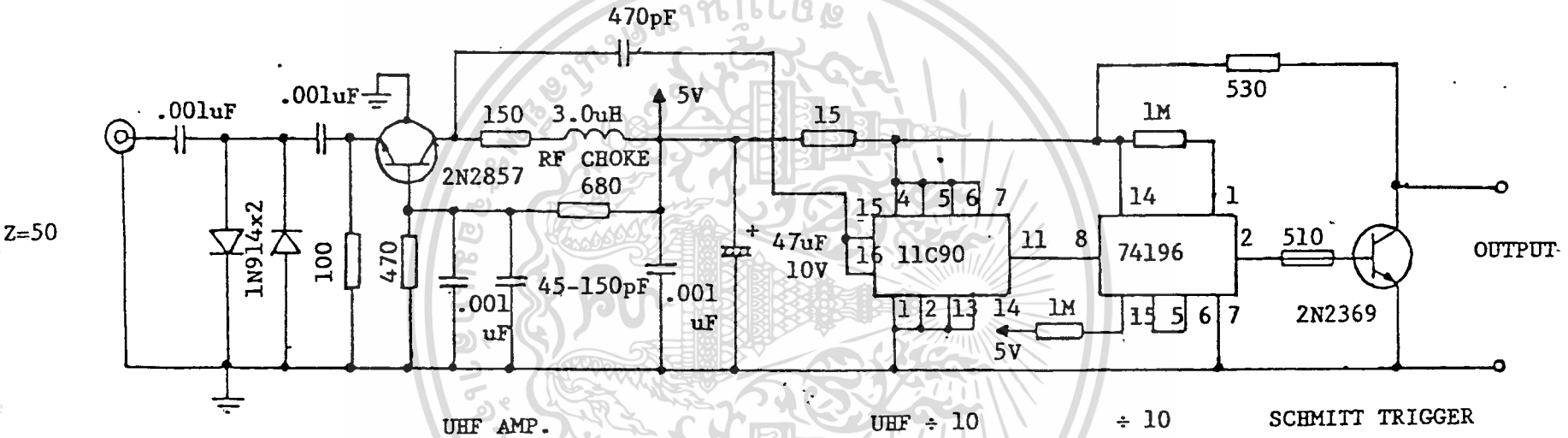


รูปที่ 2.4 วงจรหาร 10

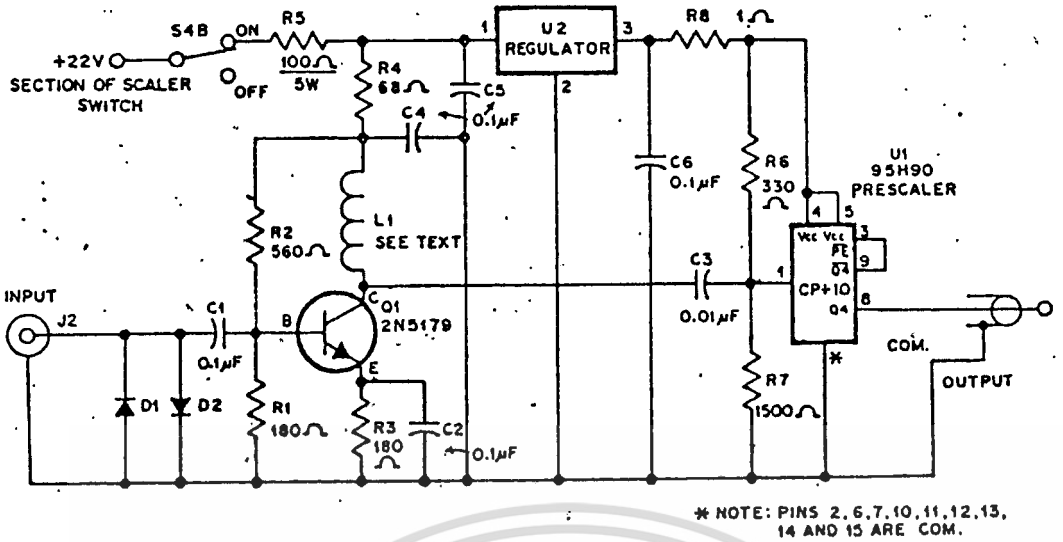
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



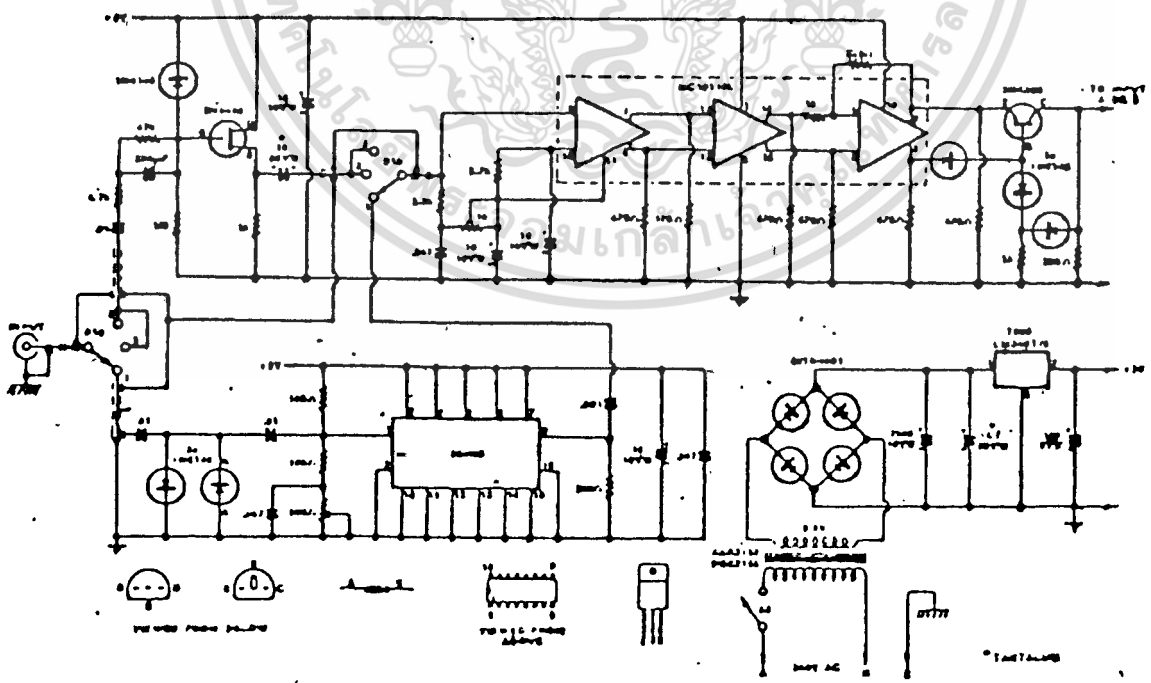
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรอินพุทที่มี Prescaler หาร 10



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรอินพุทที่มี Prescaler หาร 100

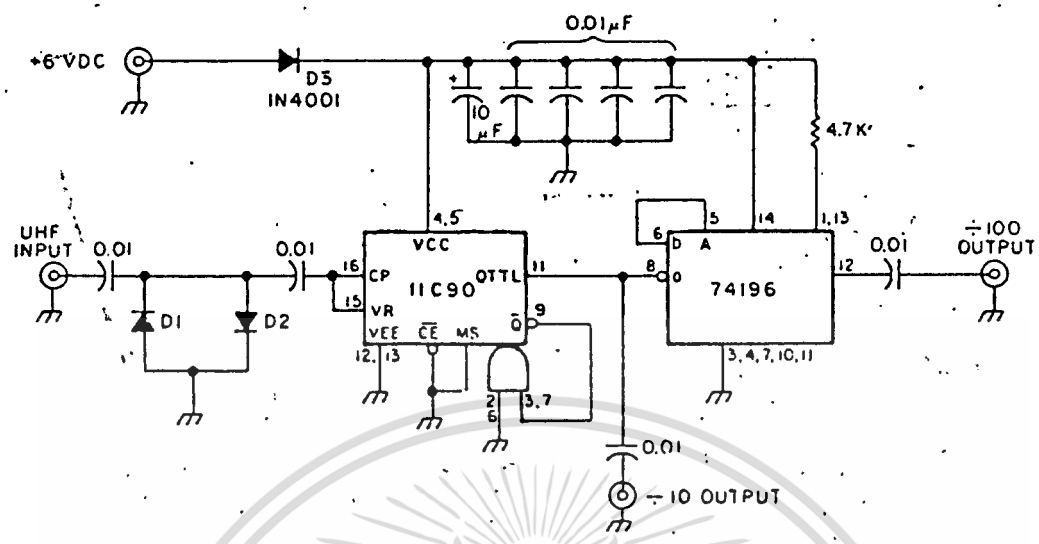


รูปที่ 2.7 แสดงวงจรอินพุทและมี Prescaler หาร 10

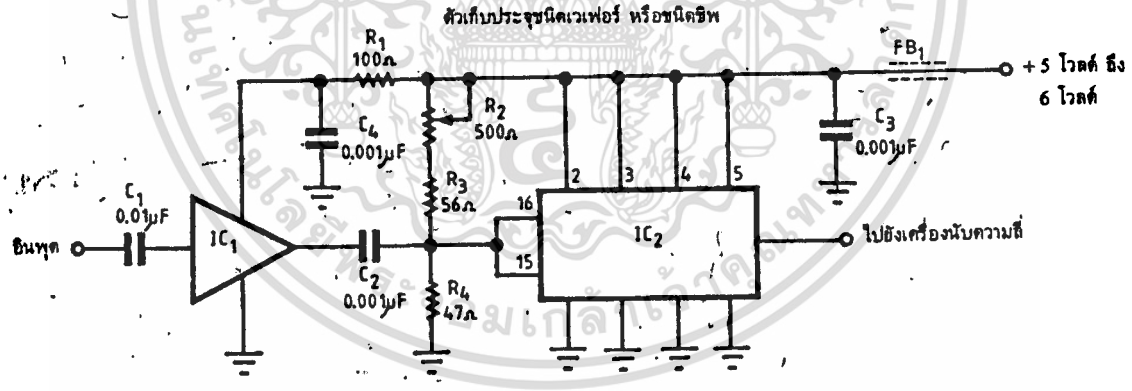


รูปที่ 2.8 แสดงวงจรอินพุทและมี Prescaler หาร 5 และหาร 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงวงจร Prescaler หาร 10 และหาร 100



IC_1 = UPC1651G (MMIC ขยาย 17 dB)

IC_2 = ไอซีปรีสเกลเลอร์เบอร์ 8680B (หาร 10 ได้ 650 MHz)

C_1, C_2, C_3 = ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

C_4 = เป็นตัวเก็บประจุย่านไมโครเวฟหรือชนิดเวเฟอร์ใช้กับการออสซิลเลต หรือกรองความถี่สูง

R_1 = 100 โอห์ม

R_2 = ตัวต้านทานปรับค่าได้ 500 โอห์ม ใช้ปรับความไว

R_3 = 56 โอห์ม ใช้ตัวต้านทาน

R_4 = 470 โอห์ม ชนิดคาร์บอน

FB_1 = เฟอร์ไรต์บีด

รูปที่ 2.10 แสดงวงจรอินพุทและมี Prescaler หาร 10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ชุดนับความถี่

ICM 7226 A/B ได้ถูกสร้างขึ้นมาเป็นวงจรร่วมของชุดนับความถี่ที่สามารถทำงานได้ดีเพียงประกอบกับอุปกรณ์เพียงไม่กี่ชิ้นก็จะได้เครื่องนับความถี่ (Frequency counter) ที่วัดความถี่ได้สูงถึง 10 เมกกะเฮิทซ์ และยังทำเป็นเครื่องวัดคาบสัญญาณ (Period Counter) ได้สูงถึง 10 วินาที เครื่องวัดช่วงห่างของสัญญาณ (Time Intervel Counter) เครื่องวัดอัตราส่วนความถี่ (Frequency ratio Counter) และเครื่องนับธรรมดา (Unit Counter) ได้อีกด้วย ICM 7226 A/B ถูกออกแบบโดยใช้ซีมอส (CMOS) ทำให้ใช้กำลังงานต่ำและออกแบบให้สามารถขับ (Drive) ชุดแสดงผล (Display) ที่เป็นตัวเลข แอลอีดี (LED) ได้โดยตรงโดยมีคุณลักษณะต่าง ๆ ดังนี้

3.1 ลักษณะเด่นของ ICM 7226 A/B

1. เป็นซีมอส (CMOS) ที่ออกแบบสำหรับใช้พาวเวอร์ (Power) ต่ำไม่เกิน 6 โวลต์

2. เอาท์พุทไดรเวอร์ (Output Drivers) สามารถขับ (Drive) ดิจิท (Digits) และเซกเมนท์ (Segments) ได้โดยตรง ออกแบบสำหรับใช้ขับตัวเลขแสดงผล แอล.อี.ดี. (LED) ได้มากถึง 8 ตัว

3. สามารถวัดความถี่ได้ตั้งแต่ 0.1 เฮิร์ท ถึง 10 เมกกะเฮิทซ์ และวัดคาบสัญญาณได้จาก 0.5×10^{-6} วินาที

4. สัญญาณควบคุม (Control Signals) สามารถจัดแบบการควบคุมเกทได้ เมื่อเป็นการหาร (Prescaler)

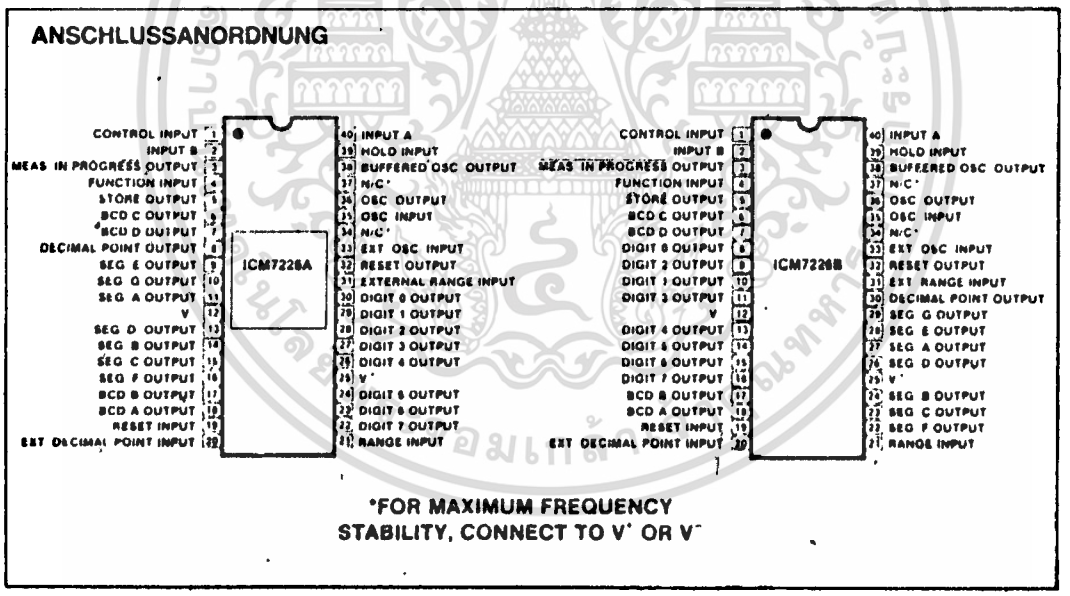
5. มีมัลติเพล็กซ์ (Multipexed) BCD เอาท์พุทด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การใช้งาน

1. เป็นเครื่องนับความถี่ (Frequency Counter)
2. เครื่องวัดคาบของสัญญาณ (Period Counter)
3. เครื่องนับธรรมดา (Unit Counter)
4. เครื่องวัดอัตราส่วนความถี่ (Frequency Ratio Counter)
5. เครื่องวัดช่วงห่างของสัญญาณ (Time Intervel Counter)

ICM 7226 A ออกแบบสำหรับขับตัวเลขแบบคอมมอนอาโนด (Common Anode) ส่วน ICM 7226 B ออกแบบสำหรับขับตัวเลขคอมมอนคาโถด (Common Cathode) โดยที่ ICM 7226 A/B มีลักษณะขาต่าง ๆ ดังแสดงในรูป 3.1



ORDERING INFORMATION

DISPLAY	DEVICE	PACKAGE	ORDER NUMBER
Common Anode	ICM7226A	Ceramic	ICM7226A IDL
Common Cathode	ICM7226B	Plastic	ICM7226B IPL

รูปที่ 3.1 แสดงขาต่าง ๆ ของ ICM 7226 A/B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ลักษณะวงจรภายในและคุณสมบัติทางไฟฟ้า

ICM 7226 เป็นชุดนับความถี่ที่รวมส่วนต่าง ๆ ของวงจรไว้ในตัวเดียว รวมทั้งชุดขับภาคแสดงผล แอล.อี.ดี. (LED Display) ทำให้สามารถต่อชุดแสดงผล แอล.อี.ดี. ได้โดยตรงภายในตัว ICM 7226 ประกอบด้วยชุดออสซิลเลเตอร์ ความถี่สูง (High Frequency Oscillater) ชุดฐานเวลา (Decade Timebase Counter) มีวงจรนับสิบแปดชุด (8 Decade Date Counter) และวงจรแลทช์ (Latches) อีกแปดชุด วงจรถอดโค๊ด 7 เซกเมนท์ (7 Segment Decoder) ชุดมัลติเพล็กของตัวเลข (Digit Multiplexer) ชุดขับเซกเมนท์และตัวเลข (Segment and Digit Drivers) ซึ่งสามารถขับชุดแสดงผลแบบแอล.อี.ดี. ได้โดยตรง อินพุทของ ICM 7226 นี้จะรับความถี่สูงสุดได้ 10 เมกกะเฮิทซ์ ในตำแหน่งของการนับความถี่และการนับธรรมดา (Frequency and Unit Counter Mode) และจะรับความถี่ได้สูงสุด 2 เมกกะเฮิทซ์ ในตำแหน่งของการวัดแบบอื่น ๆ อินพุททั้ง A อินพุท B อินพุทจะรับแต่สัญญาณที่เป็นรูปสี่เหลี่ยม (Digital) ขนาด 5 โวลท์ ดังนั้นการใช้งานจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณที่จะวัดและปรับระดับของสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Digital) ที่เหมาะสมกับอินพุททั้งสอง

ICM 7226 สามารถทำเป็นเครื่องนับความถี่ (Frequency Counter) เครื่องวัดคาบสัญญาณ (Period Counter) เครื่องวัดอัตราส่วนความถี่ (Frequency Ratio Counter) เครื่องวัดช่วงห่างของสัญญาณ (Time Intervel Counter) และเครื่องนับรวมธรรมดา (Totalizing Counter) สำหรับอุปกรณ์ประกอบที่จำเป็นมี แร่คริสตอลความถี่ 10 เมกกะเฮิทซ์ หรือ 1 เมกกะเฮิทซ์ ก็ใช้เป็นฐานเวลาได้ หรือถ้าต้องการใช้ฐานเวลาจากภายนอกก็สามารถทำได้ สำหรับการวัดคาบสัญญาณ และช่วงห่างของสัญญาณ (Period and Intervel) ที่ใช้ฐานเวลาแบบ 10 เมกกะเฮิทซ์ จะได้รีโซลูชั่น (Resolution) 0.1 sec การวัดความถี่สามารถเลือกฐานเวลาเป็น 10 ms, 100 ms, 1 s และ 10 s ได้ เมื่อใช้ 10 s เป็นฐานเวลา ความถี่จะแสดงเป็น 0.1 Hz ICM 7226 มีช่วงเวลาระหว่างการวัดเท่ากับ 0.2 s ในทุกย่าน (Range) สัญญาณควบคุม (Countrol Signals) จัดไว้สำหรับการเปิดเกท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Gatting) และการเก็บ (Troing) ของข้อมูลที่ถูกหาร (Prescaler Date) มีการบังเลข 0 หน้าจุดทศนิยม (Leading Zero Blanking) ซึ่งเลขหน้าจุดทศนิยมจะแสดงการวัดความถี่เป็นหน่วยกิโลเฮิทซ์ (KHz) และการวัดคาบสัญญาณเป็นหน่วยไมโครเซค (us) การแสดงผลใช้มัลติเพล็ก (Multiplex) ความถี่ 500 เฮิทซ์ โดยมีดูที่ไซเกิ้ล (Duty Cycle) 12.5% สำหรับแต่ละตัวเลข (Digit) ICM 7226 A ออกแบบสำหรับชุดแสดงผลแบบคอมมอนอาโนดโดยมีกระแสเซกเมนท์สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ ส่วน ICM 7226 B ออกแบบสำหรับชุดแสดงผลแบบคอมมอนคาโถด โดยมีกระแสเซกเมนท์ 12 มิลลิแอมป์ ในตำแหน่ง (Mode) ชุดแสดงผลออฟ (Display Off) ชุดขับตัวเลขและขับเซกเมนท์ (Digit Drivers & Segment Driver) จะถูกปิดทำให้สามารถใช้ชุดแสดงผลชุดนี้สำหรับหน้าที่อื่นได้

อัตราทนสูงสุดของ ICM 7226 (Absolute Maximum Ratings)

แรงไฟจ่ายสูงสุด	6.0 V
กระแสเอาท์พุทของตัวเลขสูงสุด	400 mA
กระแสเอาท์พุทของเซกเมนท์สูงสุด	60 mA
แรงไฟที่ขั้วอินพุทหรือเอาท์พุทใด ๆ ต้องไม่เกิน	V+ มากกว่า 0.3 V
กำลังงานสูญเสียสูงสุดที่อุณหภูมิ	1.0 W(ICM 7226 A)
70°	0.5 W(ICM 7226 B)
ย่านอุณหภูมิการทำงานสูงสุด	-20° C ถึง + 70° C
ย่านอุณหภูมิสะสมในตัวสูงสุด	-55° C ถึง + 125° C

ค่าต่าง ๆ ที่แสดงข้างบนนี้เป็นอัตราสูงสุดที่ทนได้ ดังนั้นอย่างใช้ในอัตราทนสูงสุดนี้เพราะจะทำให้เกิดเสียหายแก่อุปกรณ์ได้ เป็นเพียงแสดงให้รู้ไว้เท่านั้นส่วนค่าใช้งานจริงนั้นได้แสดงในตารางที่ 3.2 และ 3.3

ข้อควรระวัง อย่าป้อนสัญญาณอินพุทให้ ICM 7226 ก่อนจ่ายไฟแก่ ICM 7226 เพราะจะทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ และที่ขั้วอินพุทและที่ขั้วเอาท์พุทไม่ควรมีแรงไฟสูงเกินกว่า V+ มากกว่า 0.3 V เพราะจะทำให้อุปกรณ์เสียหายได้เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS V⁺-V⁻ 5.0V, Test Circuit, T_A 25°C, unless otherwise specified

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Current	I_{DD}	Display Off Unused inputs to V⁻		2	5	mA
Supply Voltage Range		20°C ≤ T_A ≤ 70°C Input A, Input B Frequency at F_{MAX}	4.75		6.0	volts
Maximum Guaranteed Frequency Input A, Pin 40	F_{AMAX}	20°C ≤ T_A ≤ 70°C 4.75V ≤ V⁺ - V⁻ ≤ 6.0V Figure 1 Function Frequency, Ratio, Unit Counter Function Period, Time Interval	10 2.5	14		MHz MHz
Maximum Frequency Input B, Pin 2	F_{BMAX}	20°C ≤ T_A ≤ 70°C 4.75V ≤ V⁺ - V⁻ ≤ 6.0V Figure 2	2.5			MHz
Minimum Separation Input A to Input B Time Interval Function		20°C ≤ T_A ≤ 70°C 4.75V ≤ V⁺ - V⁻ ≤ 6.0V Figure 3	250			nsec
Maximum osc. freq. and ext. osc. freq. Minimum ext. osc. freq.		20°C ≤ T_A ≤ 70°C 4.75V ≤ V⁺ - V⁻ ≤ 6.0V	10		100	MHz kHz
Oscillator Transconductance	gm	V⁺ - V⁻ = 4.75V T_A = 70°C	2000			μS
Multiplex Frequency Time Between Measurements	F_{MAX}	f_{osc} = 10 MHz f_{osc} = 10 MHz		500 200		Hz msec

ตารางที่ 3.2 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

ICM7226A/B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS = $V^+ - V^-$ = 5.0V, test circuit, T_A = 25°C, unless otherwise specified.

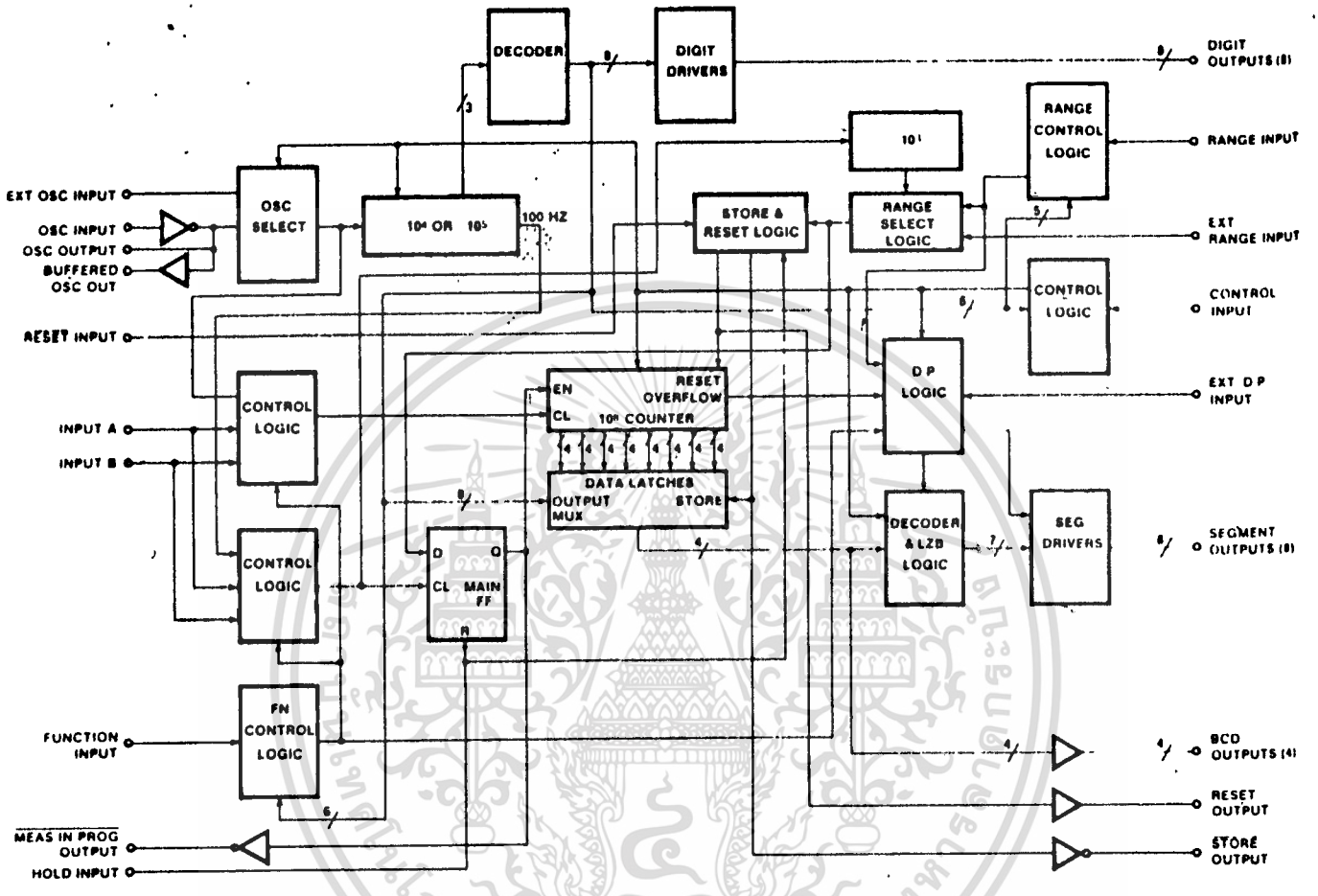
PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT VOLTAGES						
PINS 2,19,33,39,40						
input low voltage	V_{IL}	-20°C < T_A < +70°C	1.0			V
input high voltage	V_{IH}	Referred to V^-			3.5	V
PIN 39 INPUT LEAKAGE	I_L		10			µA
PIN 33						
input low voltage	V_{IL}	20°C < T_A < 70°C	.8			V
input high voltage	V_{IH}	Referred to V^-			2.0	V
Input resistance to V^+						
PINS 19,33	R	V_{IN} V^+ 1.0V	100	400		kΩ
Input resistance to V						
PIN 31	R	V_{IN} = V^- +1.0V	100	400		kΩ
Output Current						
PINS 3,5,6,7,17,18,32,38	I_{OL}	V_{OL} = V^- +0.4V	.36			mA
PINS 5,6,7,17,18,32	I_{OH}	V_{OH} = V^- +0.4V	100			µA
PINS 3,38	I_{OH}	V_{OH} = V^+ -.8V	265			µA
ICM7226A						
DIGIT DRIVER						
PINS 22,23,24,26,27,28,29,30						
high output current	I_{OH}	V_{out} = V^+ -2.0V	170	200		mA
low output current	I_{OL}	V_{out} = V^- +1.0V		-.3		mA
SEGMENT DRIVER						
PINS 8,9,10,11,13,14,15,16						
low output current	I_{OL}	V_{out} = V^- +1.5	25	35		mA
high output current	I_{OH}	V_{out} = V^+ -1.0V		100		µA
MULTIPLEX INPUTS						
PINS 1,4,20,21						
input low voltage	V_{IL}				.8	V
input high voltage	V_{IH}	Referred to V^-	2.0			V
Input Resistance to V-	R	V_{IN} = V +1.0V	100	200		kΩ
ICM7226B						
DIGIT DRIVER						
PINS 8,9,10,11,13,14,15,16						
low output current	I_{OL}	V_{out} = V^- +1.0V	50	75		mA
high output current	I_{OH}	V_{out} = V^+ -2.5V		100		µA
SEGMENT DRIVER						
PINS 22,23,24,26,27,28,29,30						
high output current	I_{OH}	V_{out} = V^+ -2.0V	10	15		mA
leakage current	I_L	V_{out} = V^-			10	µA
MULTIPLEX INPUTS						
PINS 1,4,20,21						
input low voltage	V_{IL}				V^+ -2.0	V
input high voltage	V_{IH}		V^+ -.8			V
input resistance to V^+	R	V_{IN} = V^+ -1.0V	200	360		kΩ

ตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICM7226A/B

BLOCK DIAGRAM



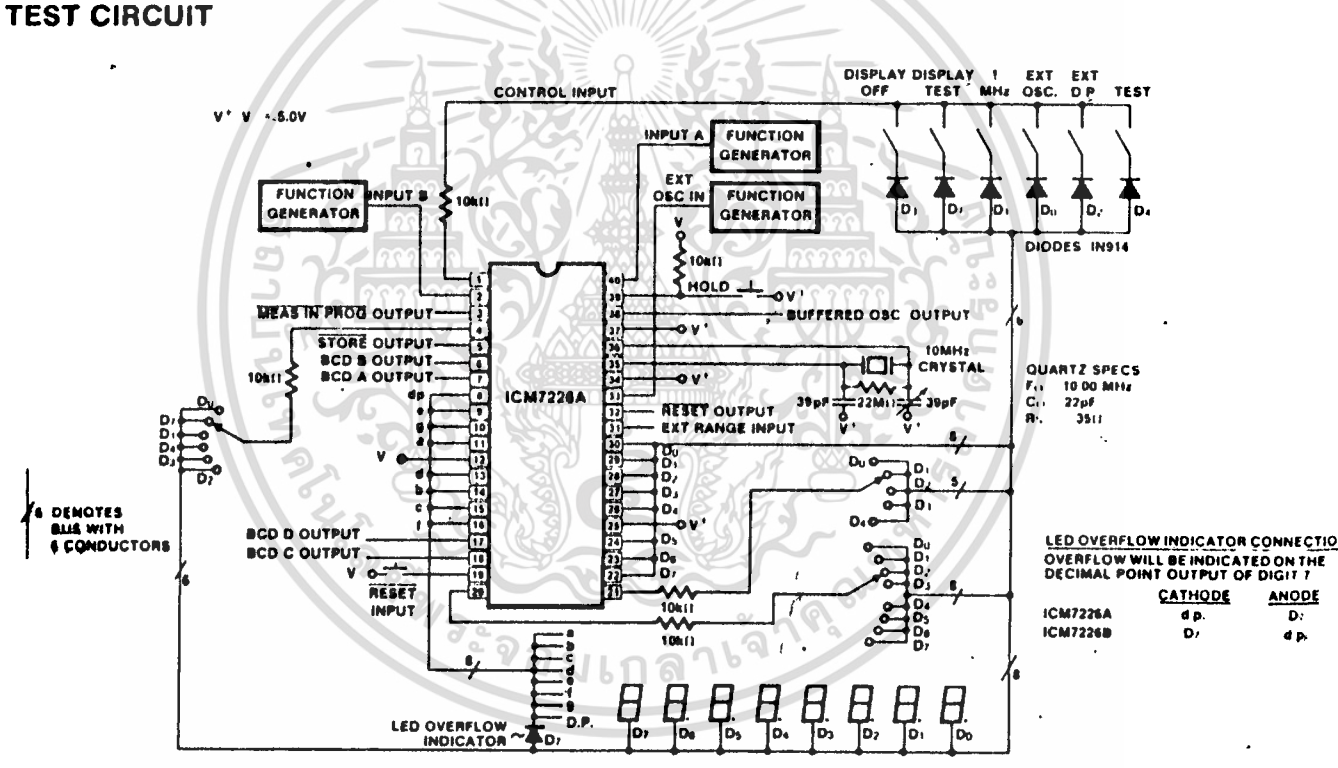
รูปที่ 3.4 บล็อกไดอะแกรม ICM 7226 A/B

รูปที่ 3.4 แสดงรายละเอียดภายในของ ICM 7226 A/B เป็นลักษณะของบล็อกไดอะแกรมซึ่งประกอบด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ วงจรหาร วงจรควบคุม วงจรฟลิบฟลอบ วงจรนับสิบ วงจรแลทช์ วงจรถอดโค๊ด วงจรเลือกย่าน วงจรขับตัวเลข วงจรขับเซกเมนท์ และบัฟเฟอร์ออสซิลเลเตอร์เอาท์พุท BCD เอาท์พุท และอื่น ๆ อีกมากดังรายละเอียดในรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 วงจรสำหรับทดสอบ (Test Circuit)

รูปที่ 3.5 แสดงวงจรการทดสอบ ICM 7226 A ประกอบด้วยสวิทช์ 4 ชุด ทำหน้าที่เลือกย่าน (Range) 1 ชุด เลือกจุดทศนิยมจากภายนอก 1 ชุด เลือกหน้าที่ (Function) 1 ชุด และชุดทำหน้าที่ทดสอบอีก 1 ชุด สำหรับการทดสอบ ICM 7226 B สามารถทดลองบนแผ่นโปรโต้บอร์ด (Proto Board) ได้ โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมบ้อนได้ แต่ต้องระวังอย่าป้อนค่าลบป้อนแต่ช่วง 0 ถึงบวกเท่านั้น



รูปที่ 3.5 วงจรทดสอบ ICM 7226 A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของสัญญาณอินพุทที่แสดงในรูปที่ 3.6 แสดงรูปของสัญญาณที่เหมาะสมสำหรับอินพุทเพื่อให้การทำงานของวงจรดีที่สุด

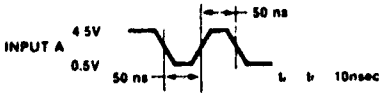


Abb. 1: Waveform for Guaranteed Minimum F_{AMAX} Function = Frequency, Frequency Ratio, Unit Counter.

รูปที่ 3.6 แสดงลักษณะของสัญญาณอินพุท

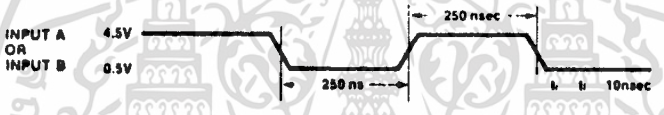


Abb. 2: Waveform for Guaranteed Minimum F_{BMAX} and F_{AMAX} for Function = Period and Time Interval.

รูปแสดงลักษณะของสัญญาณอินพุท A และอินพุท B สำหรับการวัดคาบของสัญญาณและช่วงห่างของสัญญาณ

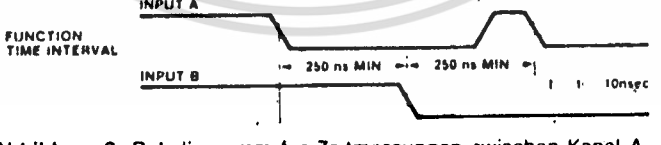


Abbildung 3: Pulsdiagramm fur Zeitmessungen zwischen Kanal A und Kanal B.

รูปแสดงลักษณะของสัญญาณอินพุทสำหรับเวลาต่ำสุดระหว่างการเปลี่ยนของอินพุท

รูปที่ 3.7 แสดงรูปร่างของสัญญาณอินพุท

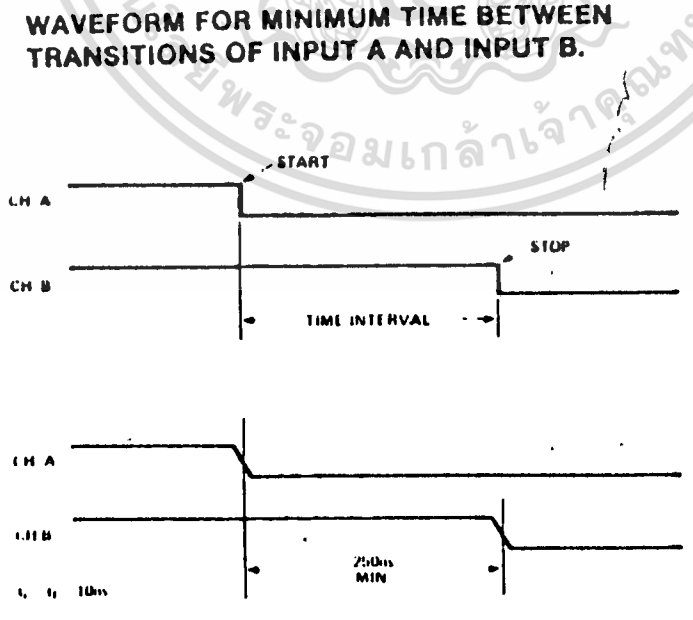
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการวัดช่วงห่างของสัญญาณ (Time Intevel Measurement) แบบเดี่ยวหรือวันช็อท (one - short) อินพุท A และอินพุท B จะต้องมีการเปลี่ยนจากระดับไฮด์ (High) มายังโลว์ (Low) ตามลำดับก่อนการวัดช่วงห่างของสัญญาณการจัดลำดับของอินพุท A และอินพุท B ใช้วงจร "Priming" ต่อเพิ่มเติมข้างหน้าอินพุททั้งสอง สำหรับการวัดสัญญาณซ้ำ ๆ กัน วงจรนี้จะเกิดอย่างอัตโนมัติ

3.4 <u>การวัดช่วงห่างของสัญญาณ</u> (Time Intevel Measurement)

ICM 7226 สามารถใช้วัดช่วงเวลาระหว่างเหตุการณ์สองเหตุการณ์ได้อย่างแม่นยำ เมื่อใช้ 10 เมกกะเฮิทซ์เป็นฐานเวลา (Time Base) เวลาระหว่างเหตุการณ์สองเหตุการณ์สามารถวัดได้นานถึง 10 วินาที โดยมีรีโซลูชั่น (Resolution) 100 ns ทำให้มีความแม่นยำมาก

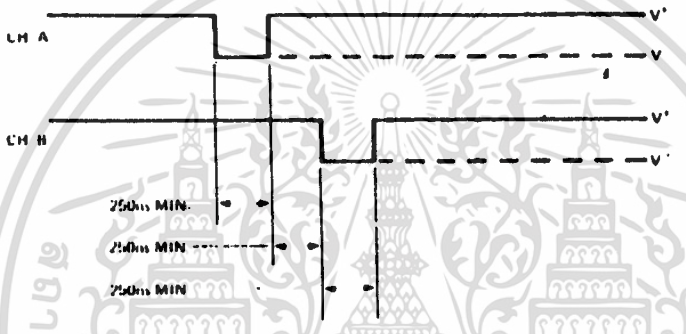
ลักษณะการทำงานแชนแนล (Channel) A จะต้องวิ่งไปโลว์ (Going Low) ที่จุดเริ่มต้นของเหตุการณ์ที่จะวัดตามด้วยแชนแนล (Channel) B วิ่งไปโลว์ (Going Low) ที่จุดปลายของเหตุการณ์นั้น ดังแสดงในรูปที่ 3.8



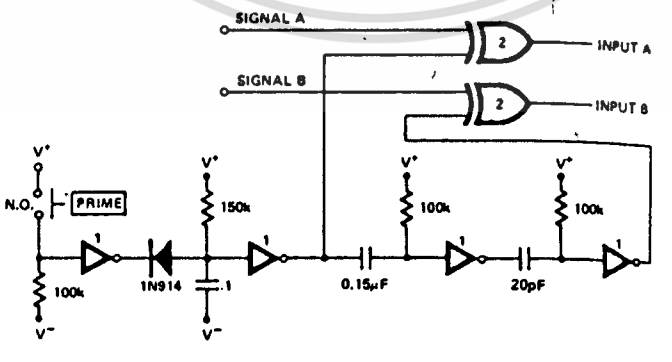
รูปที่ 3.8 แสดงรูปร่างของสัญญาณที่วัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้ในทำแหน่งการวัดช่วงห่างของสัญญาณ และทำการวัดเหตุการณ์เดี่ยว ICM 7226 ต้องเริ่มต้นจัดลำดับก่อนหลังของอินพุททั้งสอง เพื่อวัดเหตุการณ์ที่สนใจการจัดลำดับก่อนหลังทำได้โดยให้ทั้งแชนแนล (Channel) A และแชนแนล (Channel) B อยู่ที่ระดับสูง (High) และทำให้ A ตกลงเป็นระดับต่ำ (Toggel Low) แล้วกลับเป็นระดับสูงอีกตามด้วย B ตกลงเป็นระดับต่ำ (Toggel Low) แล้วกลับเป็นระดับสูงอีก อินพุทก็พร้อมที่จะใช้สำหรับการวัด ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.9 สัญญาณของแชนแนล A และแชนแนล B



รูปที่ 3.9 แสดงสัญญาณแชนแนล A และ B เพื่อให้ทำได้ดังที่กล่าวโดยใช้วงจร "Priming" ดังแสดงในรูปที่ 3.10



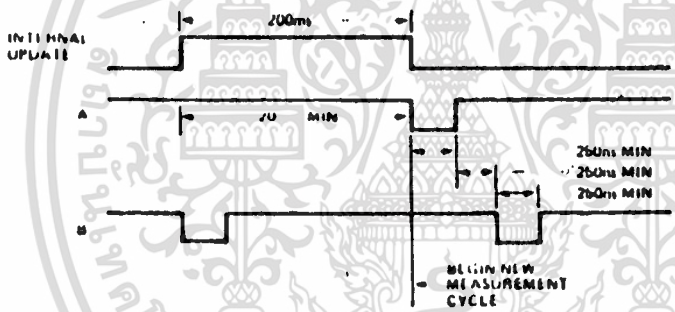
รูปที่ 3.10 วงจร "Priming"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้วงจร "Priming" เพื่อใช้กับการวัดเหตุการณ์เดียว หรือ 1 รอบของอินพุท ซึ่งจะพร้อมวัดเมื่อกดสวิทช์ "Priming"

ถ้าสัญญาณที่วัดนั้นซ้ำ ๆ กัน ไม่ต้องกดสวิทช์อีกเพราะ ICM 7226 จะทำงานเองอย่างอัตโนมัติ

ระหว่างการวัดช่วงห่างของสัญญาณรอบใด ๆ ก็ตาม ICM 7226 จะต้องใช้เวลา 200 ms ต่อจากจังหวะที่แชนแนล B เป็นโลว์ (Low) เมื่อปรับปรุงลอจิกภายในให้เรียบร้อยก่อน การวัดจะไม่เริ่มจนกว่าจะครบเวลาของการปรับปรุงลอจิกภายใน 200 ms นี้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงช่วงเวลา

3.5 รายละเอียดการใช้งานของพิน (Pins) ต่าง ๆ

3.5.1 อินพุท A และอินพุท B (Input A & B)

สัญญาณที่จะวัดป้อนเข้าอินพุท A ในตำแหน่งการวัดความถี่ คาบของสัญญาณ การนับธรรมดา การวัดอัตราส่วนความถี่ และการวัดช่วงห่างของสัญญาณ สำหรับอินพุท B จะรับสัญญาณที่จะวัดในตำแหน่งการวัดอัตราส่วนของความถี่ และช่วงของสัญญาณในการวัดอัตราส่วนของความถี่ ความถี่ของอินพุท A (f_A) ควรจะสูงกว่าความถี่ของอินพุท B (f_B) สัญญาณของอินพุททั้งสองจะต้องเป็นสัญญาณดิจิทอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Digital) มีค่าแรงไฟเปลี่ยนสภาวะ (Switching Threshold) 2.0 โวลท์ที่ระดับแรงไฟจ่าย V+ = 5.0 โวลท์ สำหรับการทำงานดีที่สุด ค่าสูงสุดของสัญญาณอินพุทควรจะเท่ากับ 50% ของแรงไฟจ่ายเป็นอย่างต่ำเมื่อใช้ลอจิกทีทีแอล (TTL) เป็นตัวขับอินพุททั้งสองนี้ควรใช้ตัวต้านทานเพื่อดึงกระแสด้วย (Pull up Resistor) การนับจังหวะการเปลี่ยนสภาวะจากสูงมาต่ำ (High to Low) ทั้งสองอินพุทควรระวังอย่าให้แรงไฟอินพุทเกินกว่าแรงไฟจ่าย V+ มากกว่า 0.3 โวลท์ เพราะจะทำให้ไอซีเสียหายได้

3.5.2 มัลติเพล็กอินพุท (Multiplexed Input)

ฟังก์ชั่น (Function) ย่าน (Range) การควบคุม (Control) และจุดทศนิยมจากภายนอก (External Decimal Input) จัดเป็นลักษณะของเวลามัลติเพล็ก (Time Multiplexed) เพื่อเลือกตำแหน่งที่ต้องการ ซึ่งทำได้โดยการต่อเอาท์พุทของชุดขับตัวเลข (Digital Driver) ที่เหมาะสมเข้าอินพุทเหล่านี้อินพุทของฟังก์ชั่น ย่านและอินพุทของการควบคุมต้องคงที่ (Stable) ระหว่างครึ่งช่วงเวลาสุดท้ายของแต่ละตัวเลข (Digit) โดยปกติเป็น 125 us มัลติเพล็กอินพุทจะทำงานช่วงสูง (High) สำหรับคอมมอนอาโนด ICM 7226 A และทำงานในช่วงโลว์ (Low) สำหรับคอมมอนคาโถด ICM 7226 B สัญญาณรบกวน (Noise) ที่เกิดบนมัลติเพล็กอินพุทจะเป็นสาเหตุทำให้การทำงานไม่ถูกต้องได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งจะเกิดกับการวัดแบบการนับธรรมดา (Unit Counter) เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงแรงไฟที่ชุดขับตัวเลข (Digit Drivers) สามารถส่งผ่านทางไดโอด แอล.อี.ดี. มายังมัลติเพล็กอินพุทได้ทำให้รบกวนมัลติเพล็กได้ เพื่อแก้ปัญหาควรใช้ความต้านทานค่า 10 กิโลโอห์ม ต่ออันดับกับมิลติเพล็กอินพุทเหล่านี้ ตารางรูปที่ 1 แสดงการใช้สัญญาณมัลติเพล็กจากเอาท์พุทของตัวเลข (Digit Drivers) ในการกำหนดการทำงานหน้าที่ต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	FUNCTION	DIGIT
FUNCTION INPUT PIN 4	Frequency	D_0
	Period	D_7
	Frequency Ratio	D_1
	Time Interval	D_4
	Unit Counter	D_3
	Oscillator Frequency	D_2
RANGE INPUT PIN 21	.01 Sec/1 Cycle	D_0
	1 Sec/10 Cycles	D_1
	1 Sec/100 Cycles	D_2
	10 Sec/1k Cycles	D_3
External Range Input PIN 31	Enabled	D_4
CONTROL INPUT PIN 1	Blank Display	D_3&Hold
	Display Test	D_7
	1MHz Select	D_1
	External Oscillator Enable	D_0
	External Decimal Point Enable	D_2
	Test	D_4
EXTERNAL DECIMAL POINT INPUT, PIN 20	Decimal Point is Output for Same Digit That is Connected to This Input	

ตารางที่ 1 แสดงการต่อมัลติเพล็กต่าง ๆ

3.5.3 คอนโทรลอินพุท (Control Input Function)

การทดสอบชุดแสดงผล (Display test) ที่ตำแหน่งนี้ทุก ๆ เซกเมนท์จะสว่างและแสดงเป็นเลข 8 ทุกตัวเลขพร้อมด้วยจุดทศนิยม ชุดแสดงผลจะดับเมื่อเลื่อนสวิทช์ในตำแหน่งบิดดิสเพลย์ (Display Off) ในเวลาเดียวกัน

ตำแหน่งดิสเพลย์ออฟ (Display Off) เพื่อทำให้ชุดแสดงผลดับหมดจะต้องต่อเข้ากับคอนโทรลอินพุทพร้อมกับต่อโฮลด์ (Hold) อินพุทที่แรงไฟ V+ วงจรจะอยู่ในตำแหน่งดิสเพลย์ออฟจนกว่าโฮลด์ถูกเลื่อนสวิทช์มายังโลว์ (Low) ขณะที่อยู่ในตำแหน่งดิสเพลย์ออฟ (Display Off Mode) นี้เซกเมนท์ต่าง ๆ และตัวเลขของชุดขับ (Drivers) ถูกเปิดวงจรแต่ระหว่างการปิดชุดแสดงผลนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออสซิลเลเตอร์ยังคงทำงานตามปกติด้วยกระแส 1.5 มัลติแอมป์กับแร่คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ และไม่มีการวัดใด ๆ เกิดขึ้น และสัญญาณที่จะจ่ายกับมัลติเพล็กอินพุทจะไม่มีผลการวัดจะเริ่มต้นเมื่อตำแหน่งโฮลด์ (Hold) เป็นโลว์

ตำแหน่งการเลือก 1 เมกกะเฮิทซ์ (1 MHz Select) ที่ตำแหน่งนี้ยอมให้ใช้แร่คริสตอล 1 เมกกะเฮิทซ์กับอัตรามัลติเพล็กของตัวเลขเดียวกัน และเวลาระหว่างการวัดจะเหมือนกับการใช้แร่คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ แต่จุดทศนิยมเลื่อนไปทางขวามือหนึ่งตัวเลขในการวัดคาบสัญญาณ และช่วงห่างของสัญญาณเวลาแสดงตัวเลขอย่างน้อยที่สุดเป็น 1 us เพิ่มขึ้นจาก 0.1 us

ตำแหน่งการใช้ออสซิลเลเตอร์จากภายนอก (External Oscillator Enable) ในตำแหน่งนี้จะใช้ออสซิลเลเตอร์จากภายนอกแทนออสซิลเลเตอร์ของชิปเป็นฐานเวลา (Time Base) และเป็นสัญญาณอินพุทหลักของเคาเตอร์ในการวัดคาบสัญญาณ และช่วงห่างของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ของชิปจะยังคงทำงานอยู่เมื่อเลือกใช้ออสซิลเลเตอร์จากภายนอก แต่จะไม่มีผลต่อการทำงานของวงจรความถี่ของออสซิลเลเตอร์จากภายนอกต้องสูงกว่า 100 kHz หรือชิปจะรีเซท (Reset) ด้วยตัวมันเองและใช้ออสซิลเลเตอร์ของชิปแทนต่อออสซิลเลเตอร์ภายนอกเข้าทั้งขั้วออสซิลเลเตอร์อินพุท (Pin 35) และขั้วออสซิลเลเตอร์ภายนอก (Pin 35)

ตำแหน่งใช้จุดทศนิยมจากภายนอก (External decimal point Enable) เมื่อใช้จุดทศนิยมจากภายนอก จุดทศนิยมจะแสดงออกมาที่ตัวเลขใดก็เมื่อชุดขับตัวเลขนั้นต่อกับตำแหน่งของจุดทศนิยมภายนอก (External decimal point Input) และการบังเลขศูนย์นำหน้า (Leading Zero Blanking) จะไม่บังเลขศูนย์ที่ตามหลังจุดทศนิยมทุกตัว

ตำแหน่งทดสอบ (Test Mode) ในตำแหน่งนี้ชุดนับหลัก (Main Counter) จะแยกเป็นกลุ่ม (Groups) กลุ่มละสองหลัก (Digits) และกลุ่มต่าง ๆ จะหมุน (Clocked) ในลักษณะขนาน (Parallel) ชุดนับอ้างอิง (Reference Counter) จะถูกแยกออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 ตัวเลข (Digit) ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้อินพุทวิ่งโดยตรงถึงชุดนับสิบตัวที่สาม (10sec/1kHz range) การเก็บข้อมูล (Store) ยังทำงานได้ทำให้การนับของชุดนับ (Main Counter) จะเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

ตำแหน่งกำหนดย่านการวัด (Range Input) มีอยู่ 4 ตำแหน่งให้เลือกสำหรับการวัดคือ 1, 10, 100 และ 1,000 Hz เป็นชุดนับอ้างอิง (Reference Counter) หรือจะใช้ย่านการวัดจากภายนอก (External Range Input) เป็นมาตรฐานการคำนวณเวลาทุก ๆ หน้าที่ของการวัด (Function Modes) ยกเว้นการนับธรรมดา (Unit Counter) การเปลี่ยนย่าน (Range) จะหยุดการวัดทันทีโดยจะยังไม่เปลี่ยนค่าที่แสดงอยู่ก่อนชั่วครู่ และจะเริ่มการวัดใหม่แล้วแสดงค่าออกมาใหม่ที่เป็นเช่นนี้เพื่อป้องกันการผิดพลาด (Error) จากการอ่านครั้งแรกหลังจากเปลี่ยนย่าน (Range) การวัดใหม่

ตำแหน่งกำหนดหน้าที่การวัด (Function Input) มีอยู่ทั้งหมด 6 ตำแหน่งให้เลือกมีการวัดความถี่ คาบของสัญญาณ ช่วงห่างของสัญญาณ การนับธรรมดา การวัดอัตราส่วนความถี่และการวัดความถี่ ออสซิลเลเตอร์เอง หน้าที่การวัด (Function) เหล่านี้เลือกสัญญาณที่จะนับเข้าชุดนับ (Main Counter) และเลือกสัญญาณที่จะถูกนับสำหรับชุดนับอ้างอิง (Reference Counter) ดังแสดงไว้ในตารางรูป 2 ในการวัดช่วงห่างของสัญญาณฟลิบฟลอบจะเปลี่ยนจาก 1 - 0 (Toggle) ที่อินพุท A ก่อนและตามด้วยการเปลี่ยนจาก 1 - 0 ที่อินพุท B ออสซิลเลเตอร์จะเป็นตัวเปิดเกทในชุดนับ (Main Counter) จากเวลาที่อินพุท A (Toggle) ฟลิบฟลอบจนกระทั่งอินพุท B (Toggle) ฟลิบฟลอบการเปลี่ยนตำแหน่งการวัด (Function Input) จะหยุดการวัดนั้นทันทีและตัวเลขที่แสดงอยู่จะยังเดิมชั่วครู่จะเริ่มการวัดครั้งใหม่ต่อไปที่เป็นแบบนี้ก็เพื่อป้องกันผิดพลาดจากการอ่านครั้งแรกหลังจากที่ได้เปลี่ยนตำแหน่งการวัดแล้วถ้าชุดนับเกินสเกล สัญญาณที่แสดงว่าเกินสเกล (Over Flow) จะแสดงไว้ที่จุดทศนิยมของตัวเลขหลักที่ 8 (D8)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABELLE 2

DESCRIPTION	MAIN COUNTER	REFERENCE COUNTER
Frequency (F_A)	Input A	100Hz (Oscillator ÷ 10^5 or 10^4)
Period (T_A)	Oscillator	Input A
Ratio (F_A/F_B)	Input A	Input B
Time Interval (A–B)	Osc•Time Interval FF	Time Interval FF
Unit Counter(Count A)	Input A	Not Applicable
Osc. Freq. (Fosc)	Oscillator	100Hz (Osc ÷ 10^5 or 10^4)

ตารางที่ 2 แสดงการควบคุมอินพุท

ตำแหน่งของการกำหนดจุดทศนิยมจากภายนอก (External Decimal Point Input) เมื่อใช้การแสดงจุดทศนิยมจากภายนอก จุดทศนิยมของตัวเลขหลักใด ๆ ก็สามารถต่อเข้ากับจุดนี้ได้ ยกเว้นจุดทศนิยมของตัวเลขที่ 8 (D8) ไม่ควรจะใช้ต่อ เพราะมันจะได้ใช้แสดงการนับเกินสเกล (Over Flow) และการบังเลขศูนย์ข้างหน้าจุดทศนิยมจะไม่บังเลขศูนย์หลังจุดทศนิยม

ตำแหน่งของการล็อคอินพุท (Hold Input) ยกเว้นตำแหน่งของการนับธรรมดา (Unit Counter Mode) เมื่อโฮลด์อินพุทต่อกับแรงไฟ V+ การวัดใด ๆ ที่ทำอยู่จะหยุด ชุดนับจะถูกรีเซท (Reset) และชิปไอซีที่ถูกโฮลด์อยู่ก็พร้อมที่จะเริ่มการวัดครั้งใหม่ต่อไป แต่แลทช์ที่โฮลด์ข้อมูลเดิมของชุดนับจะไม่เปลี่ยนแปลง ดังนั้นค่าของการวัดครั้งสุดท้ายสุดจะยังคงแสดงอยู่บนชุดแสดงผล จนกว่าจะเลื่อนสวิทช์โฮลด์ออกจากแรงไฟ V+ สำหรับตำแหน่งการนับธรรมดา (Unit Counter Mode) เมื่อโฮลด์อินพุท (Hold Input) ถูกต่อกับแรงไฟ V+ การนับจะเริ่มต่อไปจากจุดที่ชุดนับหยุดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งรีเซทอินพุทแบบอิเวิดท์ (RESET Input) สัญญาณนี้จะทำให้ชุดนับ (Main Counter) เลทช์ (Latches) แสดงผลเป็นเลขศูนย์ทั้งหมด

ตำแหน่งการกำหนดย่านการวัดจากภายนอก (External Range Input) ตำแหน่งนี้ใช้สำหรับเลือกย่านการวัดที่ไม่ได้จัดเตรียมไว้ในชิปไอซี รูปที่ 3.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัด (Measurement IN PROGRESS) กับสัญญาณกำหนดย่านการวัดภายนอก (External RANGE Input)

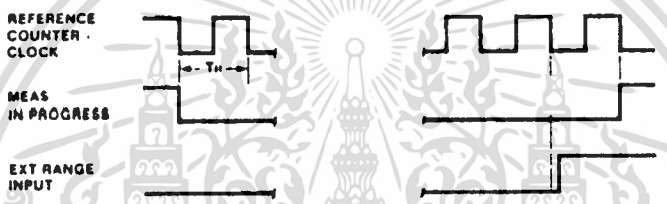


Abbildung 4: External Range Input und Measurement in Progress.

รูปที่ 3.12 แสดงรูปร่างสัญญาณ

ตำแหน่งสัญญาณวัดแบบอินเวิดท์ สตอร์แบบอินเวิดท์ และรีเซทเอาท์พุท (MESUREMENT IN PROGRESS, STORE AND Reset Output) เอาท์พุทเหล่านี้มีไว้สำหรับทำการแสดงผล (Display) ของพรีสเกลเลอร์ดีจิท (Prescaler Digit) รูปที่ 3.13 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณเหล่านี้ในเวลาระหว่างการวัด เอาท์พุททั้งสามนี้สามารถขับ (Drive) โหลดที่เป็นโลว์เพาว์เวอร์สช็อตคี้ทีทีแอล (Low Power Schottky TTL) ได้เอาท์พุทของสัญญาณวัดแบบอินเวิดท์ (MEASUREMENT IN PROGRESS) สามารถขับโหลดแบบอีซีแอลได้โดยตรงหนึ่งตัว ถ้าอีซีแอลนั้นใช้แรงไฟขนาดเดียวกับของ ICM 7226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

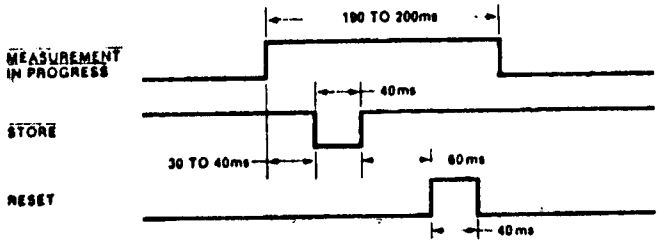


Abbildung 6: „Reset", „Store" und „Measurement in Progress" während der Pause zwischen den Messungen.

รูปที่ 3.13 แสดงรูปร่างสัญญาณ

ตำแหน่งสัญญาณ BCD เอาท์พุท (BCD Outputs) สัญญาณแบบ BCD ที่แทนตัวเลขแต่ละตัวจะปรากฏที่ตำแหน่ง BCD เอาท์พุท ดูได้ดังแสดงในตารางรูปที่ 3 เวลาที่วิ่งจากบวก (Positive Going) ของ ICM 7226 A คอมมอนอาโนด หรือเวลาที่วิ่งจากลบ (Negative Going) ของ ICM 7226 B คอมมอนอาโนด ที่ขับตัวเลขจะล้างหลังสัญญาณ BCD โดยประมาณ 2 ถึง 6 us สัญญาณขอบหน้า (Leading Edge) ของสัญญาณขับตัวเลข (Digit Drive Signal) จะใช้แลทช์ข้อมูล BCD ภายนอก แต่ละเอาท์พุทของ BCD จะขับ (Drive) โหลดแบบเกินไม่ต่ำทีทีแอล (Low Power Schottky TTL) ได้เพียงตัวเดียวและจำเป็นต้องใช้ความต้านทานต่ำ 1 กิโลโอห์มเป็นตัวดึงลง (Pull Down) ต่อที่อินพุทของทีทีแอล (TTL) เพื่อให้การทำงานได้ผลดี การแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์จาก MSD เป็น LSD และสัญญาณใช้บังเลขศูนย์ข้างหน้าจุดทศนิยมจะไม่มีผลต่อ BCD เอาท์พุท

TABELLE 3 Truth Table BCD Outputs

NUMBER	D PIN 7	C PIN 6	B PIN 17	A PIN 18
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

ตารางที่ 3 แสดง BCD เอาท์พุท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่งออสซิลเลเตอร์เอาท์พุท (Buffered Oscillator Output) สัญญาณเอาท์พุทนี้จัดให้ใช้ต่างหากเพื่อไม่ให้เกิดการโหลดออสซิลเลเตอร์ตัวมันเอง เอาท์พุทนี้ขับโหลดแบบใช้เพาว์เวอร์ต่ำชนิดทีทีแอล (Low Power Schotttky TTL) ได้เพียงตัวเดียว ควรใช้โหลดที่มีค่าประจุน้อยที่สุดกับ พิน (Pin) นี้

ลักษณะของการแสดงผล (Display Consideratins) การแสดงผลใช้สัญญาณมัลติเพล็กความถี่ 500 เฮิทซ์ โดยใช้เวลาสำหรับตัวเลข (Digit Time) 244 s และการบังตัวเลขภายใน (Interdigit Blanking) ใช้เวลา 6 s เพื่อป้องกันการเกิดเงาระหว่างตัวเลข จุดทศนิยมและการบังเลขศูนย์หน้าจุดทศนิยม (Decimal Point and Leading Zero Blanking) จัดแบบใช้ชุดแสดงผลที่แสดงจุดทศนิยมทางขวามือ เลขศูนย์ตามหลังจุดทศนิยมจะไม่ถูกบัง การบังเลขศูนย์ข้างหน้า (Leading Zero Blanking) จะไม่ทำงานถ้าชุดนับเกินสเกล เลขจุดหน้าทศนิยมจะแสดงความถี่เป็นหน่วยกิโลเฮิทซ์ (kHz) และค่าเวลาเป็นหน่วยไมโครเซค (us) ICM 7226 A ออกแบบสำหรับใช้กับชุดแสดงผลแอลอีดี (LED) แบบคอมมอนอาโนด ที่มีกระแสสูงสุด 25 มิลลิแอมป์ต่อเซกเมนท์โดยใช้ VF = 1.8 โวลท์ ที่ 25 มิลลิแอมป์ ค่าเฉลี่ยของกระแสตรงจะมากขึ้นอีก 3 มิลลิแอมป์ในสภาพการณ์นี้ ICM 7226 B ออกแบบสำหรับใช้กับชุดแสดงผล แอลอีดี (LED) แบบคอมมอนคาโถด ที่มีกระแสสูงสุด 15 มิลลิแอมป์ต่อเซกเมนท์โดยใช้ VF = 1.8 โวลท์ ที่ 15 มิลลิแอมป์ ถ้าต้องการจำกัดกระแสสามารถใช้ความต้านทานต่ออันดับกับเซกเมนท์ไดรเวอร์ (Segment Drivers) ได้รูป 3.13 ก. 3.13 ข. 3.13 ค. และ 3.13 ง. แสดงกระแสของเซกเมนท์และกระแสของตัวเลขเป็นฟังก์ชั่นของแรงไฟเอาท์พุททั้งแบบคอมมอนอาโนดและคอมมอนคาโถด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

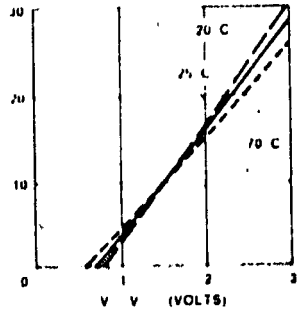


Abb. 9: ICM7226B Typical I_{SEG} Vs V^+-V_{out}
4.5V ≤ V^+-V ≤ 6.0V

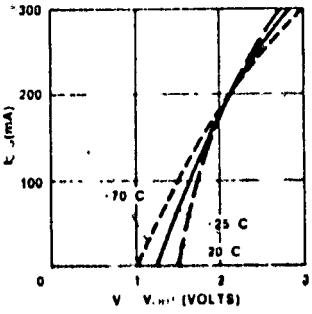


Abb. 6: ICM7226A Typical I_{DIG} Vs V^+-V_{out}
4.5 ≤ V^+-V ≤ 6.0V

ICM7226B Typical Iseg VS.
(V^+-Vo) 4.5 V = $V^+ \leq$ 6.0 V

รูปที่ 3.14 ก. แสดงกระแสเซกเมนท์ต่อแรงดันไฟฟ้าของ ICM 7226 B

ICM7226A Typical Idig VS V^+-Vo
4.5 $\leq V^+ \leq$ 6.0 V

รูปที่ 3.14 ข. แสดงกระแสตัวเลขต่อแรงดันไฟฟ้าของ ICM 7226 A

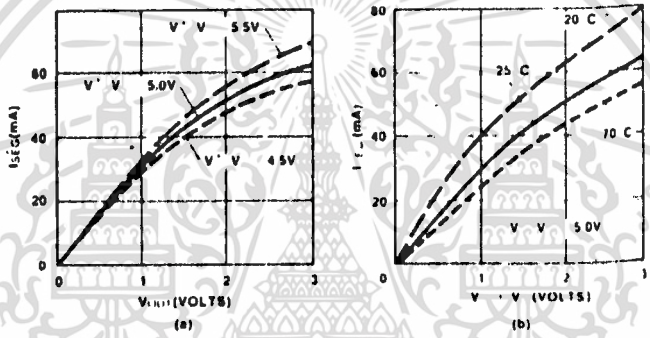


Abb. 7: ICM7226A Typical I_{SEG} Vs.V_{out}-V^-

ICM7226A Typical Iseg VS. Vo

รูปที่ 3.14 ค. แสดงกระแสเซกเมนท์ต่อแรงดันเอาท์พุทของ ICM 7226 A

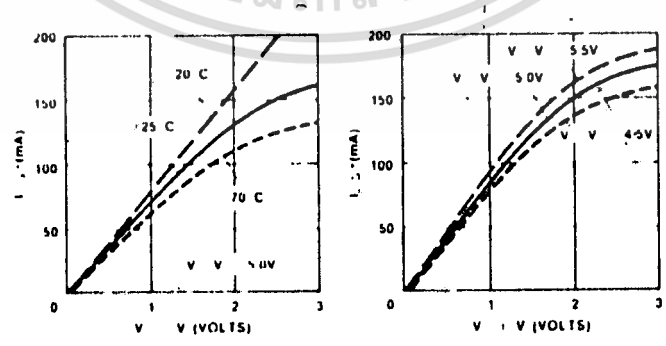


Abb. 8: ICM7226B Typical I_{DIGIT} Vs V_{OUT} V

ICM7226B Typical Idic VS. Vo

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 ง. แสดงกระแสตัวเลขต่อแรงดันเอาท์พุท ICM 7226 B

เพื่อเพิ่มแสงสว่างของชุดแสดงผล อาจจะทำได้โดยการเพิ่มแรงไฟ V เป็น 6 โวลท์ ควรระวังอย่าให้เกิดอัตราทนสูงสุดด้วย เอาท์พุทของเซกเมนท์และเอาท์พุทของตัวเลข (Digits) ทั้ง ICM 7226 A และ ICM 7226 B ไม่สามารถต่อโดยตรงกับทั้งทีทีแอล (TTL) หรือซีมอส (CMOS) ลอจิกได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ทรานซิสเตอร์ต่อเพิ่มเติมเพื่อทำให้ได้สัญญาณระดับสูงขึ้นขนาดเดียวกับสัญญาณลอจิก ลักษณะของตัวเลข 17 เซกเมนท์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.15

Segment identification

รูปที่ 3.15 แสดงตัวเลข 7 เซกเมนท์

3.6 <u>ความเที่ยงตรง (Accuracy) ในการวัด</u>

ในเครื่องนับความถี่ที่ใช้ ICM 7226 การเลื่อนไปของคริสตอล (Crystal Drift) เป็นสาเหตุของการผิดพลาด (Error) ในตำแหน่งของการวัดความถี่ (Frequency) คาบสัญญาณ (Period) และช่วงห่างของสัญญาณ (Time Interval) สัญญาณที่ได้จากออสซิลเลเตอร์จะใช้กับชุดนับอ้างอิง (Reference Counter) หรือไม่ก็ใช้กับชุดนับ (Main Counter) และในตำแหน่งการวัดเหล่านี้ความผิดพลาด (Error) ของความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะเป็นสาเหตุโดยตรงทำให้เกิดการวัดผิดพลาด ตัวอย่างเช่น ออสซิลเลเตอร์มีสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ (Temperature cofficent) เป็น 20 ppm/ $^{\circ}$C จะเป็นเหตุให้การวัดผิดพลาดตาม 20 ppm/ $^{\circ}$C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยธรรมชาติตัวเลขหลักหนึ่ง ๆ จะมีจำนวนผิดพลาดของการวัดเป็น ±1 เคาท์ (Count) เพื่อลดการผิดพลาดอันนี้ทำได้โดยใช้การแสดงผลด้วยจำนวนตัวเลขมากหลักในตำแหน่งของการวัดความถี่ จะมีความแม่นยำสูงสุดเมื่อความถี่อินพุทสูง และในตำแหน่งการวัดคาบสัญญาณ จะมีความแม่นยำสูงสุดเมื่อความถี่ของอินพุทต่ำ ดังแสดงในรูปที่ 3.16 ความแม่นยำน้อยที่สุดจะเกิดขึ้นที่ความถี่ 10 กิโลเฮิทซ์ ในตำแหน่งช่วงห่างของสัญญาณ จะมีการผิดพลาดสูงสุดเท่ากับ 1 เคาท์ (Count) ต่อช่วงการวัด (Interval) ดังแสดงในรูป 3.17 สำหรับการวัดอัตราส่วนความถี่เพิ่มความแม่นยำให้สูงขึ้นทำได้โดยคิดเฉลี่ยจำนวนรอบที่มากไป (Over More Cycles) ของอินพุท B ดังแสดงในรูปที่ 3.18

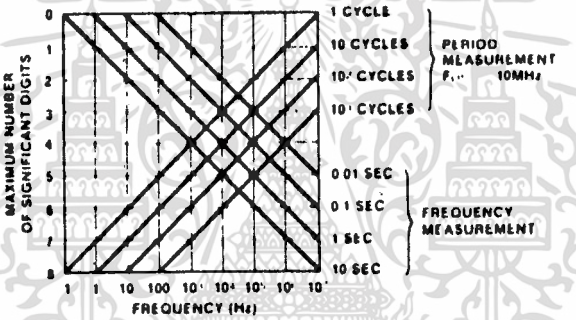


Abb. 10: Maximum Accuracy of Frequency and Period Measurements Due to Limitations of Quantization Errors

รูปที่ 3.16 แสดงความแม่นยำของการวัดความถี่และคาบสัญญาณ

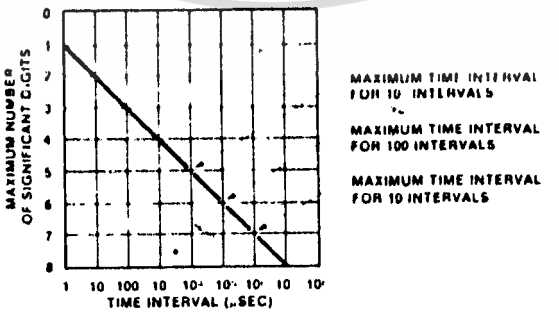


Abb. 11: Maximum Accuracy of Time Interval Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

รูปที่ 3.17 แสดงความแม่นยำของการวัดช่วงห่างของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

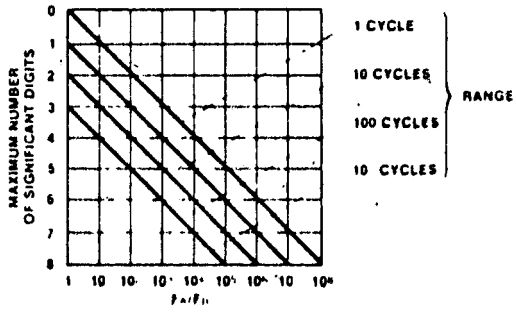


Abb. 12: Maximum Accuracy for Frequency Ratio Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

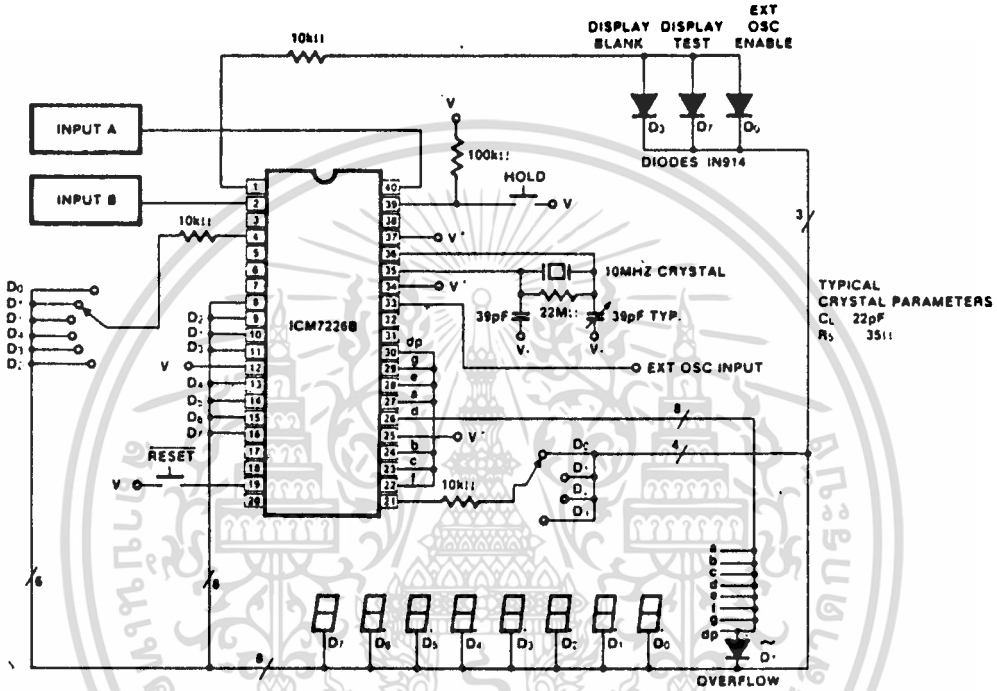
รูปที่ 3.18 แสดงความแม่นยำของการวัดอัตราส่วนความถี่

3.7 วงจรใช้งาน (Circuit Applications) ต่าง ๆ

ICM 7226 ออกแบบเป็นอุปกรณ์ที่สมบูรณ์เพียงตัวเดียวเป็นเครื่องนับความถี่ได้ หรือจะใช้วงจรหาร (Prescalers) หรือวงจรอื่น ๆ เพิ่มเติมก็ได้ เพื่อให้ใช้งานได้กว้างขึ้น แต่อินพุท A และอินพุท B ต้องเป็นสัญญาณอินพุทแบบดิจิทอล (Digital) การเพิ่มเติมวงจรต้องมีเพื่อให้ใช้งานต่าง ๆ ได้ เช่น วงจรอินพุทบัฟเฟอร์ (Input Buffering) วงจรขยาย (Amplifier) และการจัดชีสเตอร์รีซีส (Hysteresis) การจัดระดับความแรงเพื่อให้ได้แรงไฟฟ้าระดับที่ต้องการ สำหรับการใช้งานทั่วไปทรานซิสเตอร์แบบเฟท (FET) สามารถใช้เป็นอินพุทบัฟเฟอร์ และ อี.ซี.แอล (ECL) เบอร์ 10116 สามารถใช้สำหรับการขยายและจัดชัสเตอร์รีซีสได้ เพื่อให้ได้อินพุทอิมพีแดนซ์สูง ความไว (Sensitivity) และแบนวิดท์ (Bandwidth) อย่างไรก็ตามราคาและความยุ่งยากของวงจรนี้สามารถทำได้หลายแบบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความไว และแบนวิดท์ที่ต้องการ เมื่อใช้ทีทีแอล เป็นตัวหาร (Prescalers) หรือเป็นอินพุทบัฟเฟอร์ควรจะใช้ความต้านทานต่อกับแรงไฟ V^+ เป็นตัวดึง (Pullup Resistor) เพื่อให้ได้การสวิงของแรงไฟที่ดีสำหรับอินพุท A และอินพุท B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

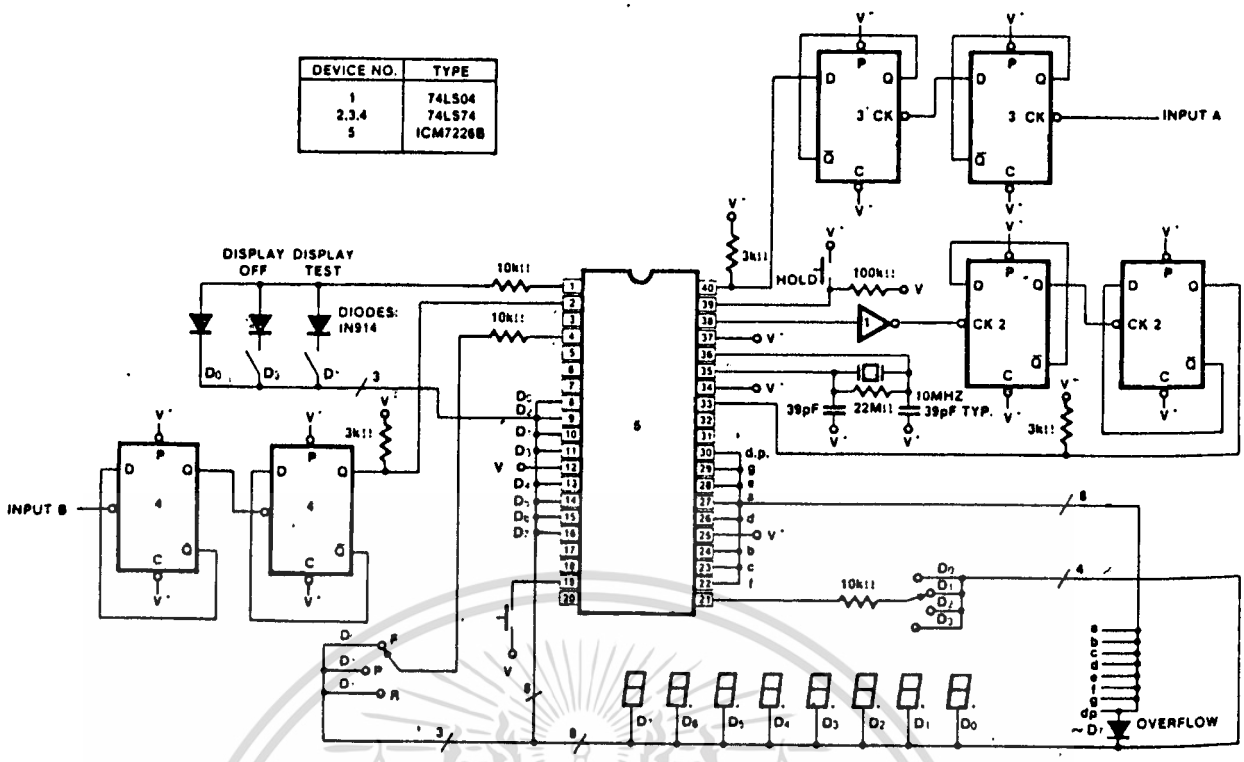
ถ้าไม่จำเป็นต้องใช้วงจรหารอินพุท (Prescalers) ICM 7226 สามารถใช้เป็นเครื่องนับความถี่ที่ประกอบด้วยอุปกรณ์เพิ่มเติมน้อยที่สุด ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 วงจรเครื่องนับความถี่ขนาด 10 เมกกะเฮิทซ์

สำหรับวงจรที่สามารถวัดความถี่อินพุทได้สูงขึ้นถึง 40 เมกกะเฮิทซ์ได้แสดงไว้ในรูปที่ 3,20 ซึ่งสามารถใช้เป็นเครื่องนับความถี่และคาบสัญญาณได้ เพื่อให้การวัดความถี่และคาบสัญญาณได้ค่าที่ถูกต้องจำเป็นต้องหารความถี่ 1 เมกกะเฮิทซ์ออสซิลเลเตอร์ลงเป็น 2.5 เมกกะเฮิทซ์ ซึ่งจะทำให้เวลาระหว่างการวัดยาวขึ้นเป็น 800 ms และความถี่มัลติเพล็กของชุดแสดงผลลดลงเหลือ 125 เฮิทซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

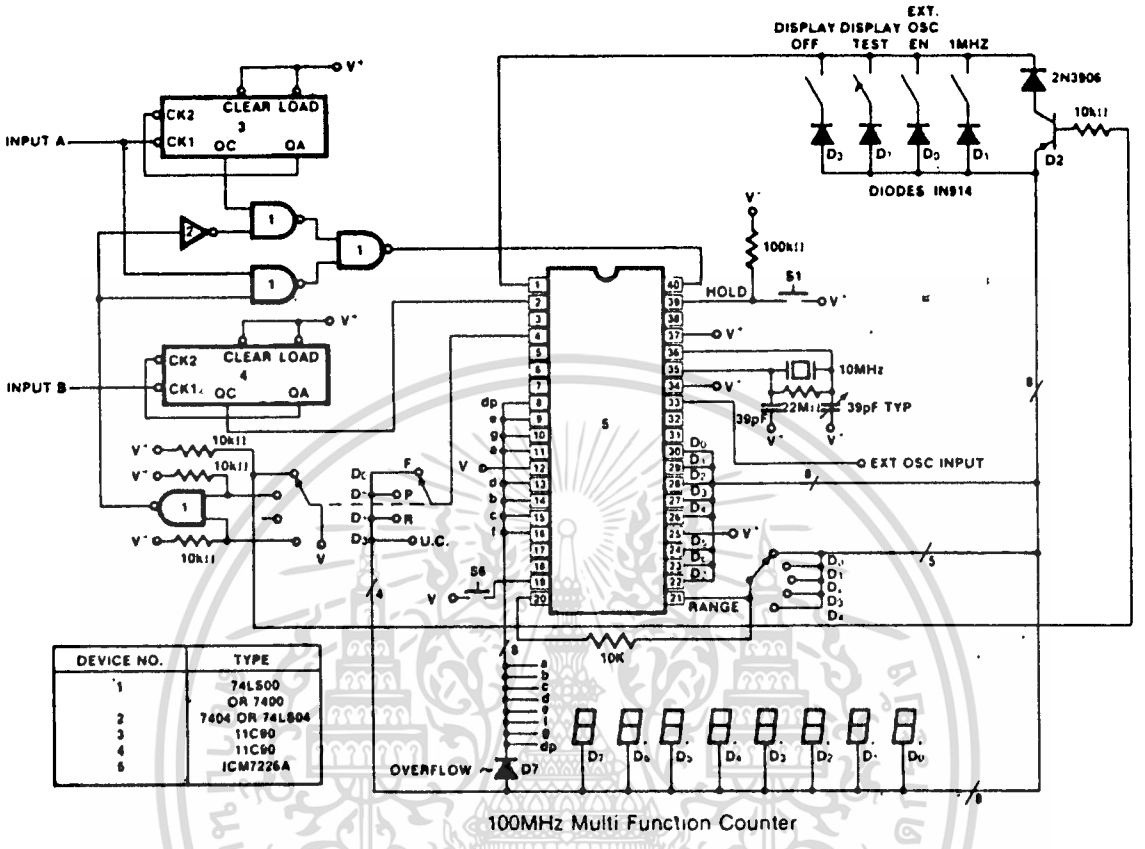


Notes: 1) If a 2.5MHz crystal is used then diode D1 and I.C's 1 and 2 can be eliminated.

รูปที่ 3.20 วงจรเครื่องนับความถี่และความยาวคลื่นขาด 40 เมกกะเฮิทซ์

ถ้าความถี่ของอินพุทผ่านวงจรหาร (Prescalers) 10 เท่า ความถี่ของออสซิลเลเตอร์จะยังคงสามารถใช้ความถี่เดิมคือ 10 เมกกะเฮิทซ์ หรือ 1 เมกกะเฮิทซ์ แต่จุดทศนิยมจะเลื่อนไป รูปที่ 3.21 แสดงวงจรที่ใช้วงจรหารอินพุท (Prescaler) ขนาดการหาร 10 เท่า ในตำแหน่งการวัดความถี่ การเพิ่มเติมวงจรลอจิกเพื่อทำหน้าที่เปิด (Enable) ICM 7226 ให้นับอินพุทโดยตรงในกรณีที่วัดสัญญาณ เพื่อให้ได้ความแม่นยำสูงสุด อินพุท A มาจาก Q_C มากกว่า Q_D เพื่อให้ได้อินพุทที่มีดูตี้ไซเกิ้ล (Duty Cycle) 40% ถ้าเอาท์พุทมีดูตี้ไซเกิ้ลห่างจาก 50% จำเป็นต้องใช้โมโนสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์เบอร์ 74121 หรือวงจรที่คล้าย ๆ กันเพื่อจัดรูปร่างของอินพุทพัลซ์ ให้ได้ความกว้างของพัลซ์เป็น 50 ns เป็นอย่างต่ำที่สุดแล้ว

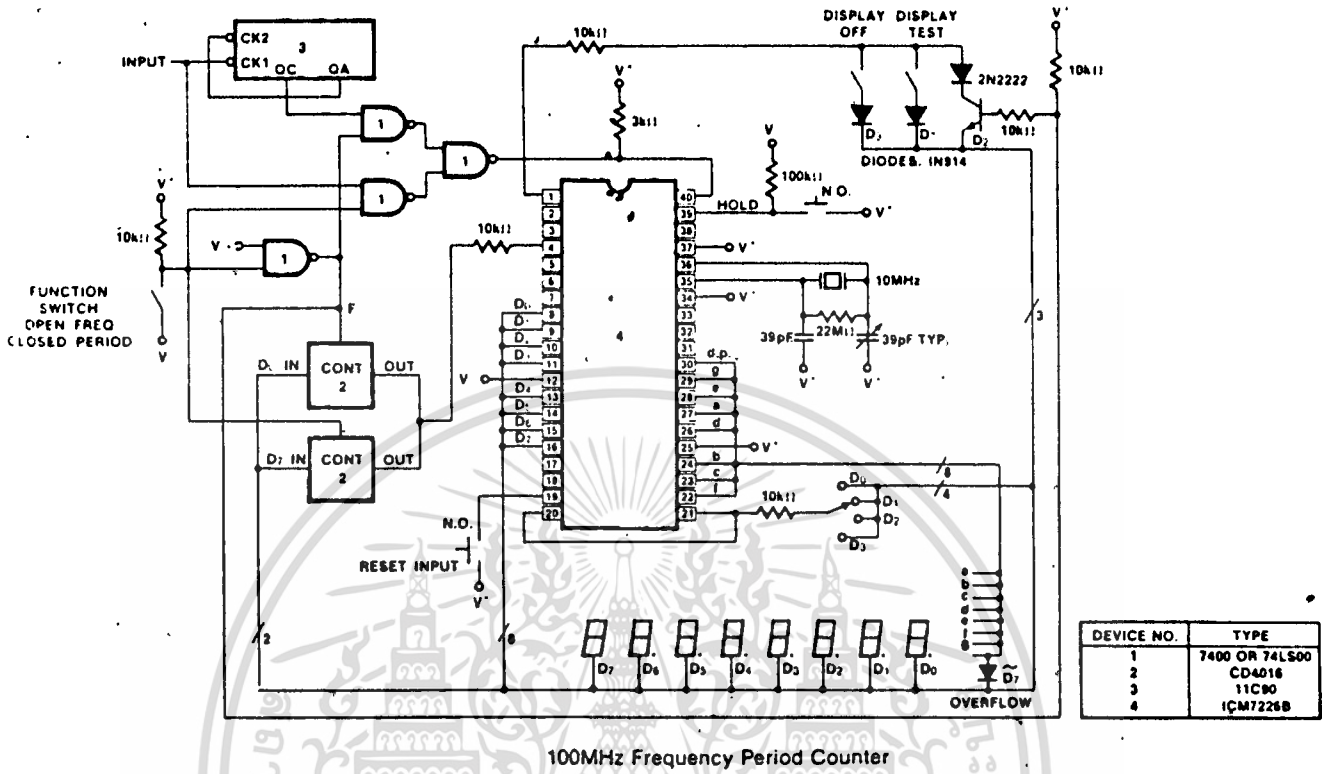
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 วงจรเครื่องนับความถี่ขนาด 100 เมกกะเฮิทซ์

สำหรับรูปที่ 3.22 แสดงการใช้อานาล็อกมัลติเพล็กเซอร์ (Analog Multiplexer) เบอร์ CD 4016 เพื่อนำสัญญาณมัลติเพล็กจากเอาท์พุทของตัวเลข (Digital Output) กลับมายังฟังก์ชั่นอินพุท (Function Input) ไอซีเบอร์ CD 4016 เป็นดิจิตอลควบคุมอานาล็อกผ่านเกท ไม่ต้องมีการเลื่อนระดับของดิจิทเอาท์พุทไอซีเบอร์ CD 4051 หรือ CD 4052 สามารถใช้เลือกอินพุทที่เหมาะสมสำหรับมัลติเพล็กอินพุทของ IC 7226 ได้ 2 หรือ 3 บิท ดิจิตอลอินพุท สัญญาณอานาล็อกควบคุมมัลติเพล็กอาจจะใช้ในระบบซึ่งทำแหน่ง (Mode) ของการทำงานถูกควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์มากกว่าจะควบคุมด้วยสวิทช์ที่หน้าแผงควบคุม สำหรับทีทีแอล มัลติเพล็กเซอร์อาจจะใช้ได้มีเบอร์ 74153 หรือ 74251 แต่จะต้องต่อวงจรเพิ่มเติมเพื่อเปลี่ยนสัญญาณดิจิตเอาท์พุทให้เหมาะสมกับระดับของสัญญาณลอจิกก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

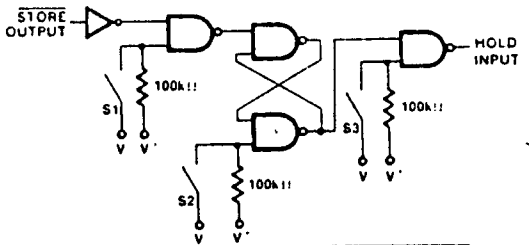


DEVICE NO.	TYPE
1	7400 OR 74LS00
2	CD4016
3	11C90
4	ICM7226B

รูปที่ 3.22 วงจรเครื่องนับความถี่และคาบสัญญาณขนาด 100 MHz

วงจรที่แสดงในรูป 3.23 สามารถใช้กับวงจรใช้งานที่เป็นการวัดอย่างเดียว (Single Measurement) โดยวงจรนี้จะใช้สัญญาณสตอร์เอาท์พุท (STORE Output) เข้าโฮลด์อินพุท (Hold Input) ของ ICM 7226 ซึ่งโฮลด์อินพุท (Hold Input) สามารถใช้ลดเวลาระหว่างการวัดให้น้อยลงได้ วงจรที่แสดงในรูปที่ 3.24 แสดงการป้อนพัลซ์สั้น ๆ เข้าไปในขั้วโฮลด์อินพุท (Hold Input) เป็นช่างเวลาสั้น ๆ หลังจากสตอร์ (Store) ตกลงมาโลว์ (Low) การวัดครั้งใหม่จะเริ่มที่จุดปลายของพัลซ์ที่โฮลด์อินพุท วงจรนี้สามารถลดเวลาระหว่างการวัดลงเหลือน้อยกว่า 40 ms จาก 200 ms เมื่อใช้วงจรในรูปที่ 3.24 กับวงจรในรูปที่ 3.20 จะสามารถลดเวลาระหว่างการวัดจาก 1 600 ms เป็น 800 ms

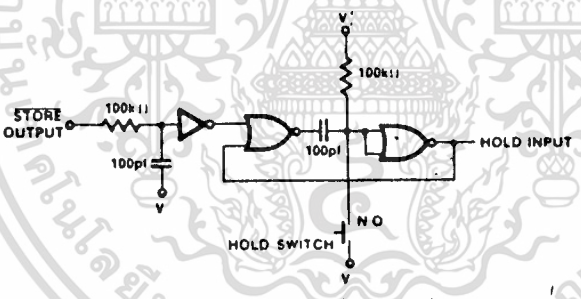
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SWITCH	FUNCTION
S1	OPEN SINGLE MEAS MODE ENABLED
S2	CLOSED INITIATE NEW MEASUREMENT
S3	CLOSED HOLD INPUT

Single Measurement Circuit for Use With ICM7226

รูปที่ 3.23 วงจรสำหรับการวัดอย่างเดียว



Circuit for Reducing Time Between Measurements

รูปที่ 3.24 วงจรลดเวลาระหว่างการวัด

3.8 ลักษณะของออสซิลเลเตอร์ (Oscillator Consideration)

ออสซิลเลเตอร์ เป็นวงจรคอมพลีเมนตารีเฟทที่มีเกนสูงแบบอินเวอร์เตอร์ (High Gain Complementary FET Inverter) ค่าความต้านทาน 10 เมกกะโอห์ม หรือ 22 เมกกะโอห์มควรจะต่อที่ขั้ว (Pin) ออสซิลเลเตอร์อินพุท และออสซิลเลเตอร์เอาท์พุทเพื่อเป็นไบอัล ออสซิลเลเตอร์นี้ออกแบบให้ทำงานแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พาราแลลรี โซแนนท์ (Parallel Resonant) กับแร่คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ โดยที่แร่คริสตอลมีค่าความจุไฟฟ้าสถิตย์ 22 PF และมีค่าความต้านทานอันดับน้อยกว่า 35 โอห์ม

สำหรับคุณลักษณะของแร่และโหลดมีค่าความจุไฟฟ้า ค่า gm ที่ต้องการสามารถคำนวณจาก

$$Gm = w^2 \, CinCout \, Rs \, (1 + \frac{CO}{CL})^2 \qquad \text{----------(2)}$$

โดย $CL = (\frac{CinCout}{Cin+Cout})$

Co = Crystal static capacitance

Rs = Crystat Series Resistance

Cin = Input Capacitance

Cout = Output Capacitance

w = 2

ค่า gm ควรจะมีค่ามากกว่า gm ที่กำหนดของ ICM 7226 อย่างน้อย 50% เพื่อให้แน่ใจว่าจะออสซิลเลท ขาออสซิลเลเตอร์อินพุทและออสซิลเลเตอร์เอาท์พุทแต่ละขาจะมีค่าความจุไฟฟ้าเกิดขึ้นประมาณ 4 PF เพื่อให้ความถี่มีเสถียรภาพ (Stability) สูงสุด ค่า C_{IN} และ C_{OUT} ควรจะมีค่าโดยประมาณเป็นสองเท่าของค่าความจุไฟฟ้าสถิตย์ของแร่คริสตอล (Specified Crystal Static Capacitance)

ในกรณีที่ใช้วงจรหารอินพุท (Prescaler) ที่ไม่ใช่หาร 10 อาจจะต้องเปลี่ยนแร่คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ หรือ 1 เมกกะเฮิทซ์ใหม่ ถ้าต้องทำการเปลี่ยนแร่คริสตอลใหม่ ความถี่มัลติเพล็กและเวลาระหว่างการวัด (Time Between Measurements) จะเปลี่ยนไป ความถี่มัลติเพล็กคือ $f_{max} = \frac{f_{osc}}{2 \times 10^4}$ สำหรับแร่คริสตอล 10 เมกกะเฮิทซ์ และ $f_{max} = \frac{f_{osc}}{2 \times 10^3}$ สำหรับแร่คริสตอล 1 เมกกะเฮิทซ์ สำหรับเวลาระหว่างการวัดคือ $\frac{2 \times 10^6}{f_{osc}}$ ในกรณีใช้แร่ 10 เมกกะเฮิทซ์และจะเป็น $\frac{2 \times 10^5}{f_{osc}}$ ในกรณีใช้แร่ 1 เมกกะเฮิทซ์ ขาบัฟเฟอร์ออสซิลเลเตอร์เอาท์พุทใช้เป็นจุดเทสท์ (Test Point) หรือใช้ขับลอจิกอื่นก็ได้

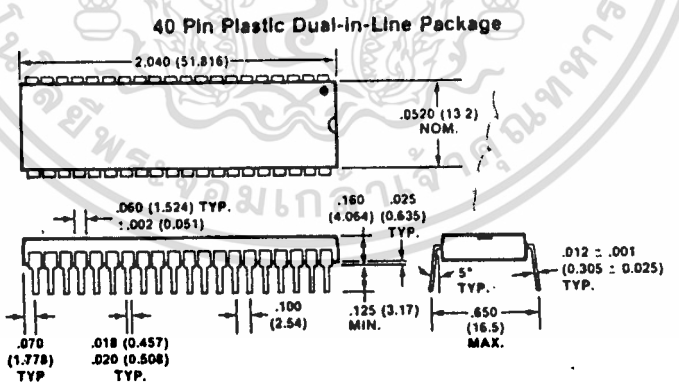
เอกสารนี้ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกครั้ง

แต่เอาท์พุทนี้จะขับโหลดที่เป็นทีทีแอลชนิดกินไฟต่ำได้เพียงตัวเดียว เมื่อจะใช้บัฟเฟอร์ ออสซิลเลเตอร์เอาท์พุทไปขับซีมอส หรือขาออสซิลเลเตอร์ภายนอกเข้า (External Oscillator Output) ควรจะต่อความต้านทานค่า 10 กิโลโอห์มที่ขาบัฟเฟอร์ออสซิลเลเตอร์เอาท์พุทกับแรงไฟ V^+

การติดตั้งแร่คริสตอลควรจะติดไว้ให้ใกล้ตัวชิปไอซี เพื่อลดการรบกวนจากสัญญาณอื่นโดยเฉพาะการคัปปลิ้งจากบัฟเฟอร์ออสซิลเลเตอร์ (Buffered Oscillater Output) และขาออสซิลเลเตอร์จากภายนอกเข้า (External Oscillator Input) ไปยังออสซิลเลเตอร์เอาท์พุท (Oscillator Outpur) หรือออสซิลเลเตอร์อินพุท (Oscillator Input) เป็นเหตุให้เกิดการเสื่อมในความถี่ของออสซิลเลเตอร์เพื่อลดการคัปปลิ้งนี้ ขา 34 และขา 37 ควรจะต่อกับแรงไฟ V^+ หรือดิน (Ground)

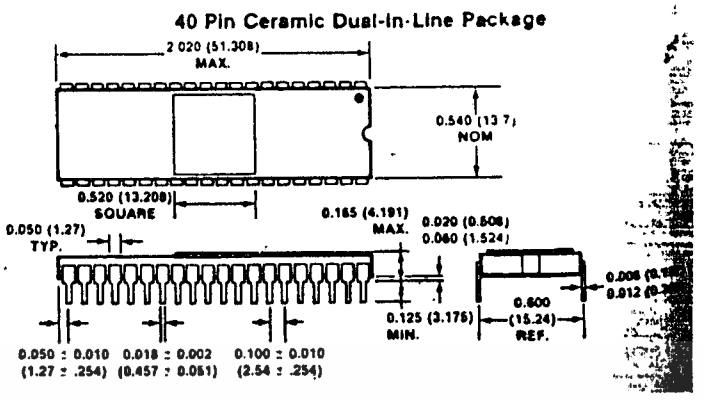
PACKAGE DIMENSIONS

40 PIN PLASTIC DUAL-IN-LINE PACKAGE



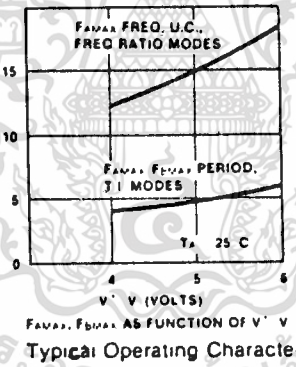
รูปที่ 3.25 แสดงขนาดของขาไอซีเบอร์ ICM 7226 B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.26 แสดงขนาดขาไอซีเบอร์ ICM 7226 A

รูปที่ 3.27 แสดงกราฟความถี่สูงสุดที่วัดได้ต่อแรงไฟ



รูปที่ 3.27 แสดงคุณสมบัติช่วงทั่ว ๆ ไปของการทำงาน

จากรายละเอียดต่าง ๆ ของชิปไอซีเบอร์ 7226 เราก็สามารถมาใช้งานกับวงจรที่เราต้องการได้ เครื่องนับความถี่และคาบสัญญาณที่สร้างขึ้นนี้ใช้ไอซีเบอร์ ICM 7226 B แบบคอมมอนคาโถด สามารถใช้แอลอีดี (LED) 7 เซกเมนท์เบอร์ hp 5082-7663 ซึ่งสามารถขับโดยตรงและมีจุดทศนิยมอยู่ทางขวามือตรงตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การสร้าง Frequency Counter 500 MHz

4.1 บล๊อคไดอะแกรม

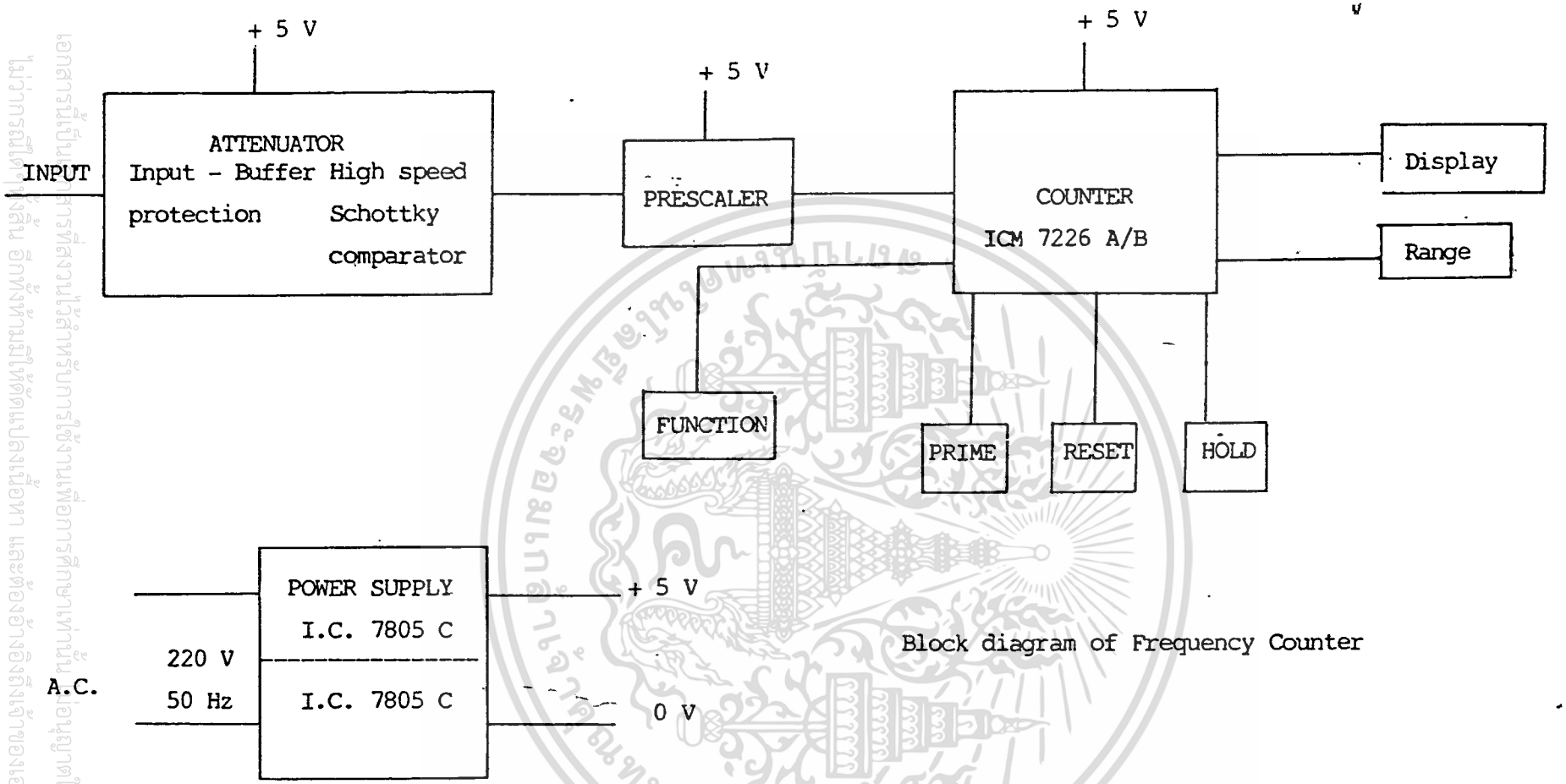
จากรูปที่ 4.1 เป็นบล๊อคไดอะแกรมแสดงส่วนต่าง ๆ ของเครื่องนับความถี่และคาบสัญญาณที่สร้างขึ้นจากรูปประกอบด้วยส่วนสำคัญต่าง ๆ ดังนี้

4.1.1 แอ็ทเทนนิวเตอร์ (Attenuator) เป็นภาคที่รวมอินพุทโปรเทคชั่น (Input Protection), บัฟเฟอร์ (Buffer), อินพุทของวงจรขยายและสมิททริกเกอร์ (Input Amprifier and Schmitt Trigger) อยู่ในชุดเดียวกัน

4.1.2 บัฟเฟอร์ (Buffer) มีหน้าที่รับสัญญาณอินพุทเข้า โดยเป็นกันชนระหว่างอินพุทแอมปลิฟลายส์กับวงจรที่จะวัด ซึ่งจัดให้มีอินพุทอิมพีแดนซ์สูง (High Input Impedance) จะมีเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ต่ำ (Low Output Impedance)

4.1.3 อินพุทของวงจรขยายและสมิททริกเกอร์ (Input Amplifier and Schmitt Trigger) ทำหน้าที่ขยายสัญญารอินพุทที่มีขนาดเล็ก ๆ และจัดรูปของสัญญาณให้เป็นรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) เพื่อใช้เป็นสัญญาณของชุดนับของไอซีเบอร์ ICM 7226 B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block diagram of Frequency Counter

รูปที่ 4.1 บล็อคไดอะแกรม

4.1.4 ปรีสเกลเลอร์ (Prescaler) เป็นชุดหารสัญญาณความถี่ทางด้านอินพุทที่ป้อนเข้ามา โดยจะทำการหารสัญญาณที่มีความถี่สูงให้มีขนาดพอเหมาะพอที่เครื่องจะทำการนับได้ โดยใช้ไอซีเบอร์ uPB551 และ 11C90 ซึ่งไอซีเบอร์นี้จะทำการหารและนับความถี่ที่ต้องการจะวัดอยู่ในช่วงไม่เกิน 100 MHz และ 500 MHz ตามลำดับ

4.1.5 ภาคนับความถี่ (Counter) เป็นภาคนับสัญญาณอินพุทใช้ไอซีเบอร์ ICM 7226 B ซึ่งประกอบด้วยชุดควบคุมลอจิก ชุดนับสิบ 8 ชุด เพื่อเป็นตัวขับตัวเลข 8 หลัก ชุดนับตัวเลขและ 7 เซกเมนท์ ชุดออสซิลเลเตอร์และดีโค๊ดเดอร์ภายในตัว

4.1.6 ชุดสวิทช์ (Switch Network) มีสวิทช์ทั้งหมด 5 ชุด ดังนี้

สวิทช์ S1 ทำหน้าที่เป็นรีเซท (Reset)

สวิทช์ S2 เป็นโฮลสวิทช์ (Hold) ทำหน้าที่เหมือนสวิทช์สำหรับเปิด-ปิดไฟวงจรนับ และช่วยทดสอบการทำงานบางอย่างของไอซีเบอร์ ICM 7226 A

สวิทช์ S3 เป็น Prime สวิทช์ ใช้สำหรับกดก่อนการวัด Time Interval

สวิทช์ S4 เป็นสวิทช์สำหรับเลือกย่านการวัด ซึ่งผ่านการวัดทั้งหมด (Rang) มีอยู่ 4 ย่านคือ .01 S, .1 S, 1 S และ 10 S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สวิทช์ S5 เป็นสวิทช์สำหรับเลือกการทำงาน (Function) คือการวัดความถี่ (Freg) คาบเวลา (per) การนับหน่วยของอัตราส่วนความถี่ (Unit) และระยะห่างของเวลา (Time iut) การทำงานของสวิทช์ชุดนี้อาศัยสัญญาณมัลติเพล็ก (Multiplex) จากเอาท์พุทของตัวเลข (Digit output) ควบคุมภาคคอนโทรล (Control Logic) เพื่อกำหนดผ่านการวัดและฟังก์ชั่นการทำงาน

4.1.7 ชุดแสดงตัวเลข (Display) เป็นการแสดงตัวหารความถี่ที่ต้องการจะวัดใช้แอลอีดี 7 เซกเมนท์ทั้งหมด 8 ตัวเลข จะเป็นเบอร์อะไรก็ได้แต่ต้องเป็น Common Cathode เพราะไอซีเบอร์ ICM 7226 B มี Common เป็น Cathode

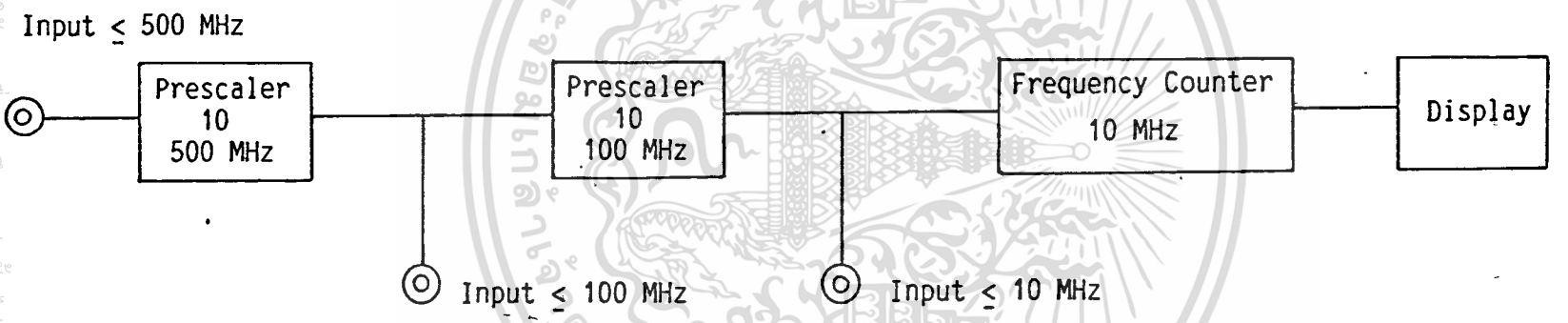
4.1.8 แหล่งจ่ายไฟ (Power supply) วงจรภาคนับต้องการแรงเคลื่อนไฟฟ้าบวก 5 โวลต์ โดยใช้ไอซีเบอร์ 7805 เป็นไอซีเรคกูเรทต์

4.2 การทำงานของ Frequency Counter 500 MHz

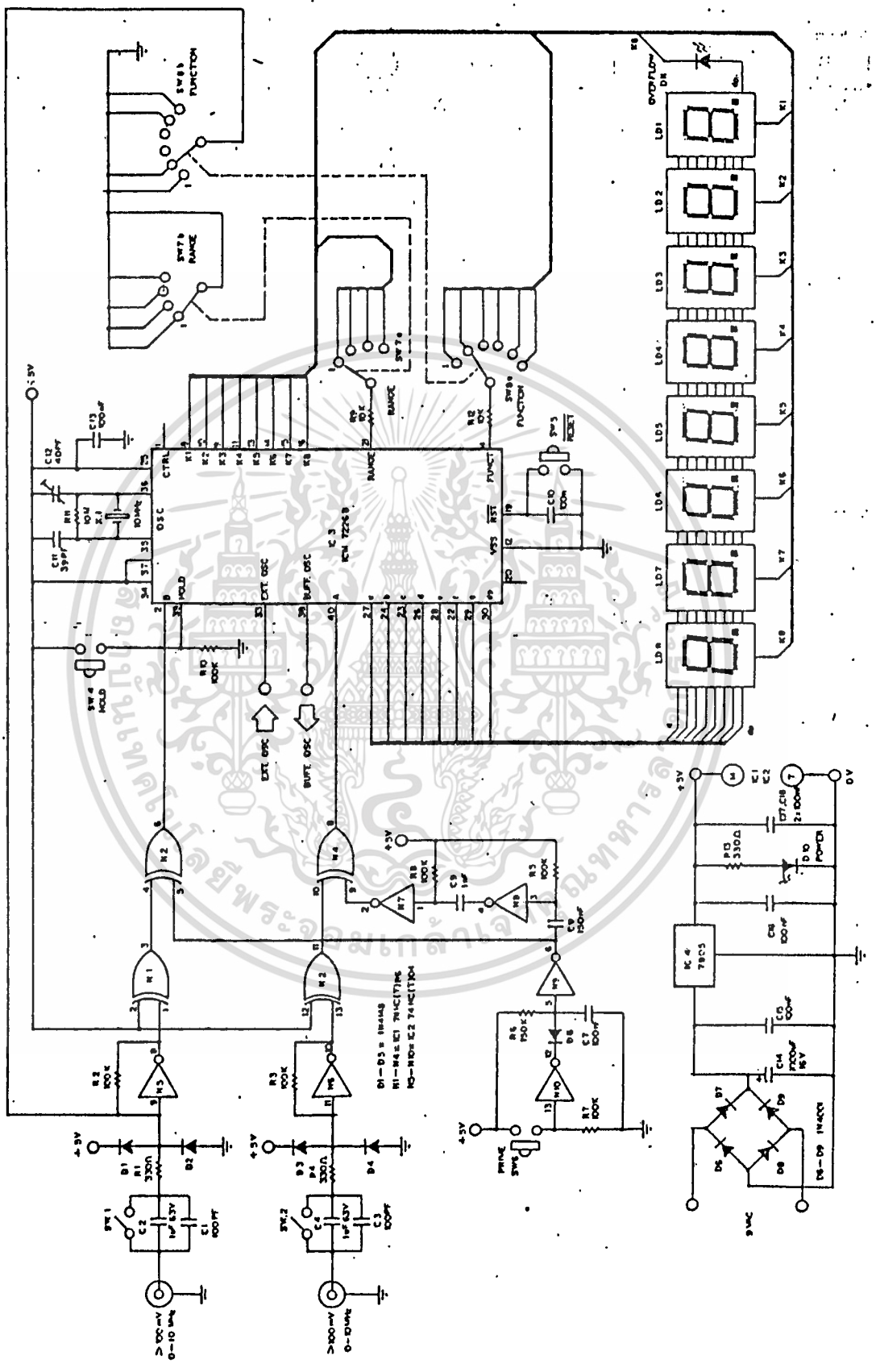
ดังบล็อคไดอะแกรมสามารถแบ่งเป็นส่วนสำคัญได้ 3 ส่วน คือ Frequency Counter 10 MHz Prescaler 100 MHz Prescaler 500 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram ของ Frequency Counter 500 MHz



4.2.1 การทำงานของ Frequency Counter 10 MHz ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

เริ่มต้นจากวงจรส่วนออสซิลเลเตอร์ ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบภายนอกร่วมกับการทำงานของวงจรไทม์เบสภายในไอซี3 X ทำงานร่วมกับ C_1, C_{12}, R_{11} เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยกำหนดความถี่ใช้งานที่ X_1คือ 10 MHz มี C_{12} ปรับแต่งค่าความถี่ให้ถูกต้อง ค่าความถี่ 10 MHz นี้อาจเปลี่ยนไปใช้ 1 MHz ได้โดยเปลี่ยน X_1 เป็น 1 MHz โดยดังแปลงวงจรส่วน CTRL ที่ขา 1 โดยใช้ R 10k ต่ออนุกรมกับไดโอ 1N4148 ไปยังขา K_2 ของส่วนดิสเพลย์ อินพุทหลักที่ใช้ในการวัดความถี่อยู่ที่อินพุท A ส่วนอินพุท B มีไว้สำหรับเปรียบเทียบการวัดกับอินพุท A เท่านั้น การเลือกหน้าที่ของการวัดอยู่ที่ซีเลคเตอร์สวิตช์ SW_8 ส่วนการเลือกย่านการวัดใช้สวิตช์ SW_7 เป็นตัวเลือกซึ่งตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของสวิตช์ทั้งสองได้สรุปไว้เป็นตารางดังนี้

SW_8 : FUNCTION	
POSITION	FUNCTION
1. (K_1)	frequency (f_A)
2. (K_8)	period (T_A)
3. (K_2)	frequency ratio (f_A/f_B); $f_A > f_B$)
4. (K_5)	time interval ($t_a - t_B$)
5. (K_4)	unit counter
6. (K_3)	oscillator test

SW_7 : RANGE	
POSITION	ACCUMULATION TIME/CYCLE (S)
1. (K_1)	0.01s/1 cycle
2. (K_2)	0.1s/10 cycles
3. (K_3)	1s/100 cycles
4. (K_4)	10s/1,000 cycles

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

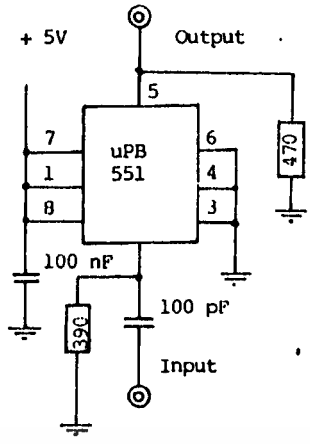
การทำงานของวงจรส่วนอินพุท C_1 กับ C_2 หรือ C_3 กับ C_4 ทำงานเป็นวงจรคัปปลิ้งสัญญาณโดยที่มี SW_1 และ SW_2 ต่อคร่อมอยู่ ถ้าสวิตช์ SW_1 หรือ SW_2 OFF หมายถึงการวัดสัญญาณที่ป้อนเข้ามาเป็น AC แต่เมื่อทั้งสองอยู่ในตำแหน่ง ON ก็เป็นการวัดสัญญาณแบบ DC R_1, D_1 และ D_2 ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ R_4, D_3 และ D_2 ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ R_4, D_3 และ D_4 คือ ป้องกันสัญญาณที่ป้อนเข้ามามีระดับแรงดันสูงเกินจนเข้ามาทำอันตรายวงจรภายใน N_5 กับ R_2 ทำงานเช่นเดียวกับ N_6 และ R_3 คือ เป็นวงจรขยายสัญญาณให้โตขึ้นจนมีระดับเป็นสัญญาณ TTL คือมีการเปลี่ยนแปลงเป็น 0 ถึง 5V แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนเข้ามาเป็นระดับ TTL อยู่แล้วตัวมันเองจะมีสภาพเป็นวงจรบัฟเฟอร์ทันที

วงจรส่วนของไอซี N_7 - N_{10} และ N_3 - N_4 ใช้สำหรับการวัดคาบเวลาที่แตกต่างของสัญญาณจากอินพุท A และอินพุท B หรือ Time Intervals ส่วนสวิตช์ SW_6(prime) ใช้สำหรับกดก่อนการวัด Time Interval อินเวอร์เตอร์ N_9 และ N_{10} จะสร้างพัลซ์แคบ ๆ ไปยังอินพุท B และ N_7 กับ N_8 จะทำงานเป็นตัวหน่วงพัลซ์ดังกล่าวป้อนเข้าอินพุท A เพื่อช่วยในการวัดคาบเวลาดังกล่าว SW_4 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ HOLD เมื่อกดสวิตช์ตัวนี้ขณะทำการวัดค่าที่แสดงผลออกมาจะคงที่มีประโยชน์ในการจำค่าที่ต้องการอ่าน SW_5 ทำหน้าที่ RESET วงจรให้มีค่าที่อ่านได้เป็นศูนย์ในกรณีบิดหน้าที่การวัดเป็น Unit Counter

D_6 - D_9 ทำงานร่วมกับ C_{14} เป็นวงจรเร็คติไฟร์มี C_{15} ตัดการรบกวนทางความถี่สูง IC_4 ทำหน้าที่เป็นวงจรเร็คกูเลเตอร์ D_{10} เป็นแอลอีดีแสดงสภาวะ ON เมื่อเปิดเครื่อง D_{11} เป็นแอลอีดีแสดงสภาวะโอเวอร์โฟล (over flow)

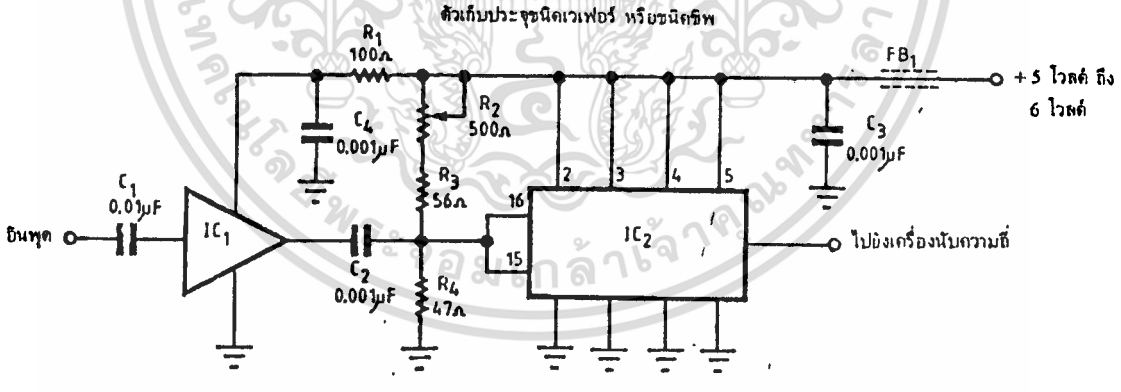
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 การทำงานของ Prescaler 100 MHz ดังรูป



วงจร Prescaler นี้ ประกอบด้วยไอซีเบอร์ uPB551 ซึ่งเป็นเบอร์ไอซีหารความถี่โดยป้อนอินพุทเข้าที่ขาสองและเอาท์พุทออกที่ขาห้า ให้สัญญาณเอาท์พุทเป็นแรงดัน 4 โวลต์ เป็น CMOS เอาท์พุท

4.2.3 การทำงานของ Prescaler 500 MHz ดังรูป



IC_1 = UPC1651G (MMIC ขยาย 17 dB)

IC_2 = ไอซีปรีสเกลเลอร์เบอร์ 11C90 (หาร 10 ได้ 650 MHz)

C_1, C_2, C_3 = ตัวเก็บประจุชนิดเซรามิก

C_4 = เป็นตัวเก็บประจุย่านไมโครเวฟหรือชนิดเวเฟอร์ใช้กับการออสซิลเลต หรือแวรองความถี่สูง

R_1 = 100 โอห์ม

R_2 = ตัวต้านทานปรับค่าได้ 500 โอห์ม ใช้ปรับความไว

R_3 = 56 โอห์ม ใช้ตัวต้านทาน

R_4 = 470 โอห์ม ชนิดคาร์บอน

FB_1 = เฟอร์ไรต์บีด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรประกอบด้วยไอซีเบอร์ 11C90 และ UPC1651G โดยที่ไอซีเบอร์ 11C90 ทำหน้าที่เป็นตัวหารความถี่สามารถหารความถี่ได้สูงถึง 650 MHz และไอซีเบอร์ UPC1651G ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุทให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

4.3 การสร้าง Frequency Counter

หลังจากที่ได้ทำการทดลองส่วนต่าง ๆ ของวงจรทั้งหมดและได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้วก็เขียนวงจรรวมและทำการสร้างโดยขั้นตอนดังนี้

4.3.1 การออกแบบลายปลิ้นท์ จะต้องออกแบบให้ดีสายของสัญญาณต่าง ๆ อย่างออกแบบให้ใกล้กันจนมากเกินไป เพราะอาจจะทำให้เกิดการรบกวนได้ และเรื่องกราวด์ควรออกแบบให้มีกราวด์ใหญ่ ๆ ซึ่งจะช่วยป้องกันการกวนจากสัญญาณอื่นได้ สวิทช์ที่เกี่ยวกับทางเดินของสายสัญญาณควรออกแบบบนปริ้นท์เลย เพื่อลดสัญญาณรบกวนจากการใช้ต่อสาย สำหรับแร่คริสตอลควรออกแบบให้อยู่ใกล้กับขาของไอซีเคาท์เตอร์ ที่ต่อให้ใกล้เพื่อลดค่าคาปาซิแตนท์ (Capacitance) แหล่งต่อไปจะมีความถี่ไฟฟ้าสลับ 50 เฮิทช์ อยู่จึงควรออกแบบอยู่ห่าง ๆ ภาคอินพุท สำหรับลายปริ้นท์ของเครื่องนับความถี่ทั้งหมด ได้ออกแบบลายปริ้นท์รวมอยู่ในแผ่นเดียวกันหมด แบบ 1 หน้า ยกเว้น Prescaler 500 MHz ได้ออกแบบไว้บนแผ่นปริ้นท์ 2 หน้า เพื่อลดระยะห่างระหว่างขาอุปกรณ์

4.3.2 การปรับแต่งและการนำไปใช้งาน เมื่อประกอบเครื่องเสร็จเรียบร้อยแล้วก็พร้อมที่จะทำการทดสอบโดยให้หมุนปุ่มฟังก์ชั่นสวิทช์ไปตำแหน่งทดสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ จากนั้นป้อนไฟเข้าเครื่องจะเห็น LED แสดงการทำงานติด ความถี่ที่แสดงจะต้องแสดง 10 MHz ถ้าไม่เป็นตามนี้ให้ปรับทริมเมอร์

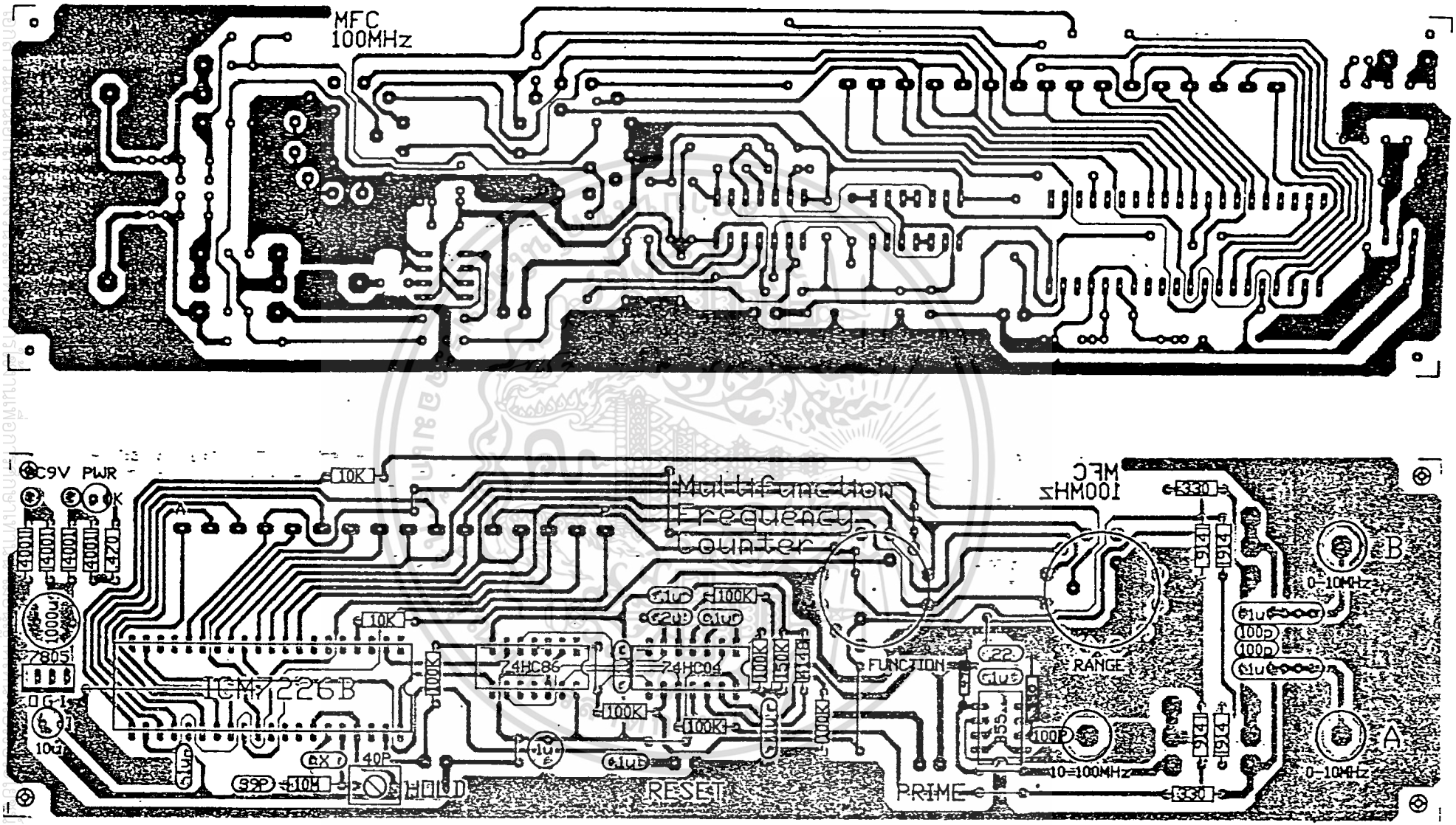
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จนได้ 10 MHz การปรับแต่งมีแต่เพียงเท่านี้ จากนั้นให้ทดสอบการวัดความถี่โดยหมุนสวิทช์ฟังก์ชั่นไปที่ f_A ทดสอบการป้อนความถี่เข้าที่อินพุท A ความถี่ที่ป้อนเข้าไปควรเป็นความถี่ที่เราทราบค่า แล้วลองอ่านค่าความถี่ดูว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าปกติความถี่ที่อ่านจะออกมาตรงจากนั้นก็ทดสอบขั้นต่อไปโดยหมุนฟังก์ชั่นสวิทช์ไปที่ T_A ค่าที่อ่านออกมาจะเป็นคาบเวลาที่หน่วยเป็นวินาที ซึ่งถ้าเราทราบค่าความถี่ที่ป้อนเข้ามา เราสามารถคำนวณเพื่อทดสอบค่าที่อ่านออกมาได้จากสูตร

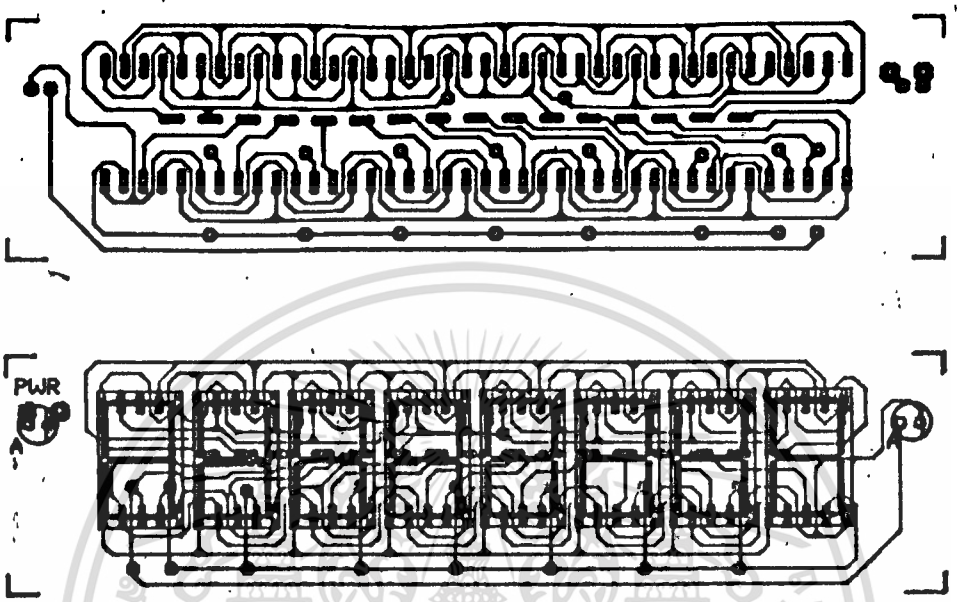
$$T_A = \frac{1}{f_A}$$

จากนั้นก็ทดสอบการวัดค่าแบบอื่น ๆ ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

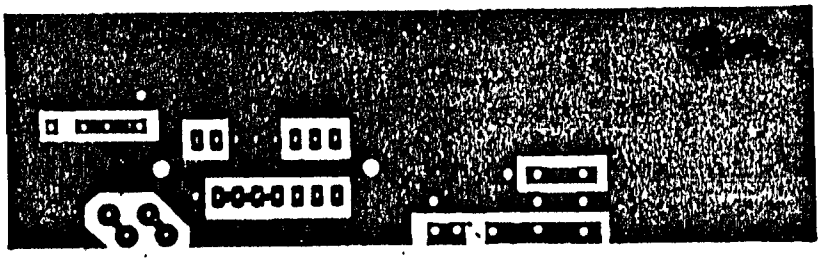


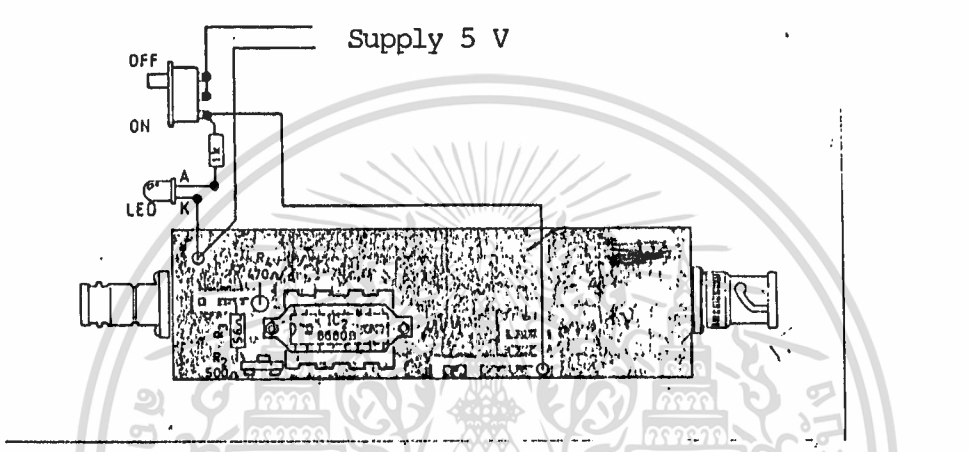
แสดงรายทองแดงขนาดเท่าของจริงและการวางอุปกรณ์ของส่วนวงจร



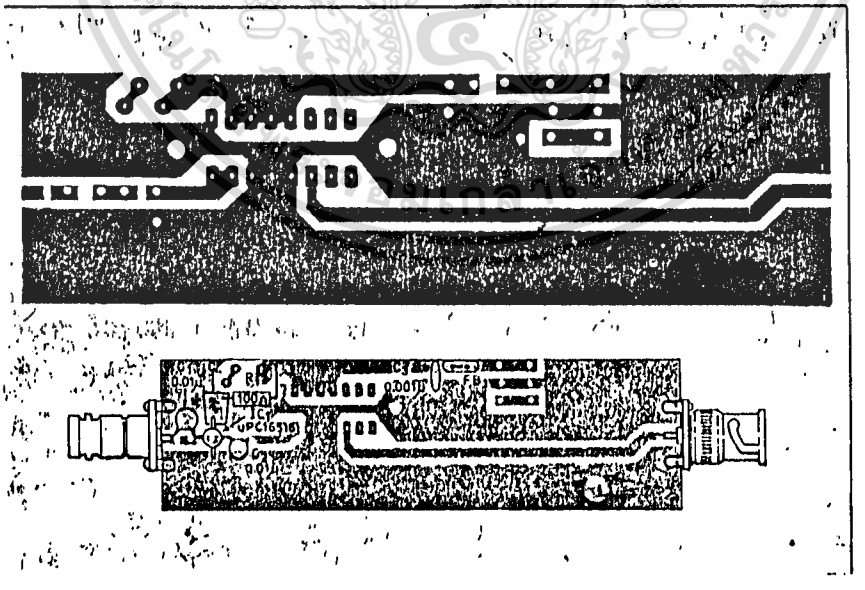
แสดงลายทองแดงขนาดเท่าของจริงและการวางอุปกรณ์ของส่วนแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





แสดงลายทองแดงด้านบนและอุปกรณ์ที่อยู่ด้านบน



แสดงลายทองแดงด้านล่างและอุปกรณ์ที่อยู่ด้านล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์เครื่องนับความถี่ 10 MHz และ Prescaler 100 MHz

ตัวต้านทาน

R_1, R_2, R_{13}	330
R_2, R_3, R_5, R_7, R_8, R_{10}	100k
R_6	150k
R_9, R_{12}	10k
R_{11}	10M

ตัวเก็บประจุ

C_1, C_3, C_6	100pF แบบเซอรามิค
C_2, C_4	1uF 63V แบบโพลีเยสเตอร์
C_5, C_7, C_{10}, C_{13}, C_{15}, C_{16}, C_{17}, C_{18}	.1uF แบบไมลาร์
C_8	.15uF แบบไมลาร์
C_9	.001uF แบบไมลาร์
C_{11}	39pF แบบเซอรามิค
C_{12}	40pF ทริมเมอร์
C_{14}	1000uf 16V แบบอิเลคโตรไลติคส์

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

D_1 - D_5	1N4148 หรือ 1N914
D_6 - D_9	1N4001
D_{10} - D_{11}	LED
LD_1 - LD_8	LED 7 segment คอมมอนคาโถด
IC_1	74HC86
IC_2	74HC04
IC_3	ICM 7226 B
IC_4	7805
IC_5	B5551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอุปกรณ์ Prescaler 500 MHz

ตัวต้านทาน

R_1 = 100 โอห์ม

R_2 = 500 โอห์ม ชนิดปรับค่าได้

R_3 = 56 โอห์ม ชนิดคาร์บอน

R_4 = 470 โอห์ม ชนิดคาร์บอน

FB_1 = เฟอร์ไรต์บีด

ตัวเก็บประจุ

C_1, C_2, C_3 = 0.001uF ชนิดเซรามิค

C_4, = 0.001uF เป็นตัวเก็บประจุย่านไมโครเวฟหรือชนิดเวเฟอร์ใช้กับการออสซิลเลต หรือกรองความถี่สูง

อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ

IC_1 = UPC1651G (MMIC ขยาย 17 dB)

IC_2 = 11C90 ไอซีปรีสเกลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

คุณสมบัติของเครื่องนับความถี่

5.1 คุณสมบัติของเครื่องนับความถี่

คุณสมบัติของเครื่องนับความถี่ซึ่งควรจะแสดงไว้โดยทั่วไป มีดังนี้

5.1.1 ย่านความถี่ที่วัดได้ (Frequency Range) หมายถึง ความถี่ที่เครื่องสามารถวัดค่าได้มีค่าตั้งแต่เท่าไหร่ถึงเท่าไหร่ สำหรับเครื่องทั่วไปจะมี 2 อินพุท โดยที่แต่ละอินพุทมีย่านความถี่ที่วัดต่างกัน เช่น ที่อินพุท A วัดได้ 10 Hz - 60 MHz และอินพุท B วัดได้ 10 MHz - 600 MHz เป็นต้น

5.1.2 ความไวอินพุท (Input Sensitivity) หมายถึง ขนาดของสัญญาณที่ต่ำที่สุดที่เครื่องสามารถวัดค่าได้ โดยปกติจะกำหนดไว้เป็นช่วงของความถี่และชนิดของสัญญาณอินพุท เช่น Sine Wave 10 mV_{p-p} 10 Hz - 1 MHz 100 mV_{p-p} ที่ความถี่ 1 MHz - 10 MHz และ Pulse 50 mV เป็นต้น

5.1.3 อินพุทอิมพีแดนซ์ (Input Impedance) คือค่าอิมพีแดนซ์ของอินพุทโดยทั่วไปจะกำหนดเป็น 1 เมกกะโอห์ม ในย่านความถี่ไม่เกิดน 10 MHz เพราะค่าอิมพีแดนซ์นี้จะเปลี่ยนไปตามความถี่

5.1.4 ความแม่นยำของการวัดความถี่ (Frequency Accuracy) คือ การกำหนดความถี่วัดผิดพลาดไปเท่าใด สำหรับเครื่องนับความถี่ หมายถึง การนับพัลซ์อินพุทว่าผิดพลาดเท่าใด ซึ่งจะกำหนดเป็นจำนวนนับที่ผิดพลาด เช่น $\pm$ เคาท์ (Count) และยังขึ้นอยู่ค่าผิดพลาดของไทม์เบส โดยกำหนดเป็น $\pm$ 1 Count $\pm$ Time Base Error

5.1.5 เวลาเปิดเกท (Gate Time) คือบอกเวลาเปิดเกทมีที่ตำแหน่งหมายถึง ไทม์เบส เลือกได้กี่ค่า เช่น กำหนดเวลาเปิดเกทเป็น 100 ms, 1s เป็นต้น สำหรับเครื่องที่สร้างขึ้นนี้มีเวลาเปิดเกทเป็น 0.01 s, 0.1 s, 1s และ 10s

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.6 รีโซลูชั่น (Resolution) หมายถึงหน่วยของความถี่ที่อ่านได้ โดยไม่ต้องสนใจจุดทศนิยม คือ ค่าความถี่ที่อ่านได้ในย่านที่ใช้วัดคูณด้วยรีโซลูชั่นของย่านนั้น เช่น ใช้ย่านวัดคือเป็น 0.1 Hz ทำการวัดความถี่แรงเคลื่อนไฟฟ้าจากสายเมน (Main) ได้ 502 วัดความถี่ได้เท่ากับ 502 x 0.1 Hz จะได้เท่ากับ 50.2 Hz โดยไม่คำนึงถึงจุดทศนิยมข้างหน้าตัวเลข

5.2 การทดสอบคุณสมบัติ

จากรายละเอียดของเครื่องนับความถี่ของสัญญาณเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ทำให้เราทราบคุณสมบัติของเครื่อง และสามารถใช้งานได้ถูกต้อง เครื่องที่เราสร้างขึ้นเองนี้มีคุณสมบัติอย่างไรบ้างถูกต้องตามที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ถูกต้องจึงต้องทำการทดสอบ การทดสอบ จะทำการทดสอบเฉพาะคุณสมบัติที่สำคัญ ๆ และสามารถทดสอบได้เท่านั้น คุณสมบัติข้อใดไม่มีอุปกรณ์ทดสอบก็จะกล่าวถึงวิธีการเท่านั้น การทดสอบคุณสมบัติ (Specifications) ของเครื่องมีดังนี้

5.2.1 การทดสอบย่านความถี่ที่วัดได้ (Frequency Range)

ย่านความถี่ที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องนับความถี่ สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องนี้สามารถวัดความถี่ได้ตั้งแต่ DC-500 เมกกะเฮิทซ์ เมื่อสร้างเสร็จต้องทำการทดสอบดูว่าจะได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ และได้ผลอย่างไร วิธีการทดสอบจะต้องใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ (Signal Generator) ที่กำหนดสัญญาณในช่วงความถี่ดังกล่าวได้ โดยเครื่องกำเนิดสัญญาณนี้สามารถกำหนดสัญญาณความถี่ได้ตั้งแต่ 4 MHz - 300 MHz ยี่ห้อ ROHDE & SCHWARZ ผลปรากฏว่าเครื่องวัดความถี่นี้สามารถวัดความถี่ได้ตลอดย่านแต่เมื่อมาใช้เครื่องกำเนิดความถี่ที่สามารถกำเนิดสัญญาณตั้งแต่ 0 - 2 MHz ของสถาบัน เครื่องวัดความถี่นี้วัดย่านได้ต่ำสุด 0 Hz

5.2.2 การทดสอบความไวของอินพุท (Input Sensitivity)

การทดสอบต้องอาศัยเครื่องกำเนิดสัญญาณที่ปรับความถี่สูงสุดและต่ำสุดของสัญญาณได้ และใช้เครื่องออสซิโลสโคปหรืออาจจะใช้เครื่องนับความถี่มาตรฐานมาวัดเปรียบเทียบด้วยก็ได้ การทดสอบจะต้องทดสอบที่ความถี่ต่าง ๆ กันแล้ววัดค่าความสูงของสัญญาณที่เครื่องนับความถี่เริ่มอ่านได้ สำหรับการทดสอบนี้ได้ทำการทดสอบทั้งในกรณีที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณอินพุทเป็นรูปซายน์เวฟ (Sine wave) โดยการทดสอบได้ทำการป้อนความถี่จาก Signal Generator ที่ปรับค่าได้จาก 4 MHz - 300 MHz และปรับแอมบริจูสของสัญญาณเปรียบเทียบกับออสซิลเลเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องวัดความสูงของสัญญาณที่ป้อนให้เครื่องนับความถี่ที่สร้างขึ้น ผลการทดลองเป็นดังนี้

ที่ Input 500 MHz เมื่อป้อนสัญญาณความถี่ที่ 300 MHz ความสูงของสัญญาณที่เริ่มอ่านได้เท่ากับ 25 mV_{p-p} และสัญญาณความถี่ที่วัดได้ต่ำสุด 4.3 MHz ที่ความสูงของสัญญาณเท่ากับ 38 mV_{p-p}

ที่ Input A เมื่อป้อนสัญญาณความถี่ที่ 8 MHz ความสูงของสัญญาณที่เริ่มอ่านได้เท่ากับ 38 mV_{p-p} และที่ Input A ความถี่สูงสุดที่สามารถวัดได้คือ 8 MHz

จากการทดลองพบว่าเมื่อความถี่น้อยลงโดยที่วัดอยู่ที่ Range เดิม (Range 10 MHz) จะต้องใช้ขนาดของสัญญาณสูงขึ้นเครื่องจึงจะทำงานได้

5.2.3 ความเที่ยงตรง (Accuracy Test) ความแม่นยำและความเที่ยงตรงของเครื่องนับความถี่ที่สร้างขึ้นนี้จะเกิดความผิดพลาดจากเวลาเบิดเกทที่มาจากฐานเวลาและการนับของชุดนับมีค่าเป็น $\pm$ 1 ronn (Count) สำหรับค่าผิดพลาดจากฐานเวลาขึ้นอยู่กับความถี่ที่เคลื่อนไปของคริสตอล ถ้าใช้ความถี่ออสซิลเลเตอร์สูงมาก ๆ ค่าผิดพลาดจากการเลื่อน (Drift) ของความถี่จะมีผลต่อเวลาเบิดเกทน้อยลง ความแม่นยำก็จะสูงขึ้น การดริฟท์ (Drift) นี้จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิด้วย สำหรับการทดสอบทำได้ยากมาก วิธีที่ง่ายคือใช้เครื่องนับความถี่มาตรฐานที่มีความแม่นยำสูงมาวัดเปรียบเทียบกับเครื่องที่สร้างขึ้นนี้ โดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีความเที่ยงตรงของความถี่สูง

จากการทดสอบใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณยี่ห้อ ROHDE & SCHWARZ และเครื่องนับความถี่มาตรฐานยี่ห้อ HEWLET PACKARD ซึ่งสามารถวัดความถี่ได้ตั้งแต่ 10 Hz - 1.8 GHz ผลการทดสอบที่ความถี่สูงโดยใช้ Range 500 MHz วัดที่ความถี่ 300 MHz ผิดพลาด 1 kHz ที่ความถี่ต่ำ ๆ เครื่องวัดความถี่ที่สร้างขึ้นผิดพลาดเพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุป

จากผลการทดลองเครื่องวัดความถี่ที่สร้างขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องวัดความถี่มาตรฐานจะมีข้อผิดพลาดมาก การวัดความถี่ตัวเลขดิสเพลย์ของเครื่องวัดจะเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา จะมีสัญญาณรบกวนสูง ความไวของเครื่องวัดต่ำกว่าเครื่องวัดมาตรฐานมาก อุปสรรคในการสร้างเครื่องวัดจะพบว่าอุปกรณ์เกี่ยวกับความถี่สูงหายาก ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและสอบเทียบหายาก และมีราคาแพง ในการทดลองสร้างจะพบปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวน และอุปกรณ์ไม่ได้มาตรฐานทำให้วงจรไม่สามารถทำงานได้หรือมีข้อผิดพลาดสูง

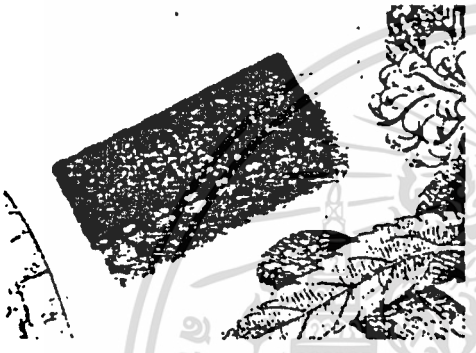
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

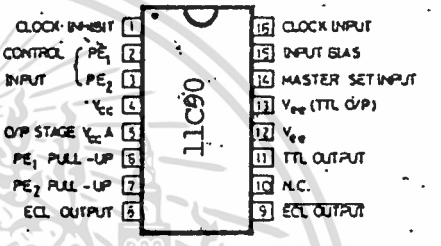
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11C90 ไอซีหารความถี่สูง

11C90 ทำหน้าที่เป็น prescaler (คือวงจรหารความถี่ที่ต่ออยู่หน้าวงจรนับ เพื่อให้วงจรนับความถี่สามารถนับความถี่สูง ๆ ได้นั่นเอง) ให้กับวงจรนับความถี่และสามารถหารความถี่ได้สูงถึง 650MHz



รูปที่ 1 แสดงตัวจริงของ 11C90



รูปที่ 2 แสดงการจัดขาภายนอกของ 11C90

ในรูปที่ 1 เป็นตัวจริงของ 11C90 มีขนาด 16 ขา ตัวถังเป็นแบบพลาสติก ส่วนในรูปที่ 2 ก็แสดงการจัดขาภายนอกของ 11C90 ว่าแต่ละขาทำหน้าที่อะไรบ้าง

โดยทั่ว ๆ ไปวงจรนับจะนับความถี่ได้ไม่สูงมากนัก ถ้าเราต้องการให้นับความถี่สูง ๆ ได้ (ดังเช่นในเครื่องวัดความถี่ระบบดิจิตอลที่มีขายกันทั่วไป ส่วนใหญ่จะสามารถวัดความถี่ได้สูงเป็น 10MHz ขึ้นไป) เราก็ต้องนำวงจรหารความถี่ที่สามารถหารความถี่ได้สูงเท่าที่เราต้องการแล้วป้อนเข้าวงจรนับก็สามารถจะนับความถี่ได้สูงตามที่เราต้องการได้ และถ้าต้องการหลาย ๆ ความถี่ก็ต้องมีอัตราส่วนตัวหารที่แตกต่างกันไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ 11C90

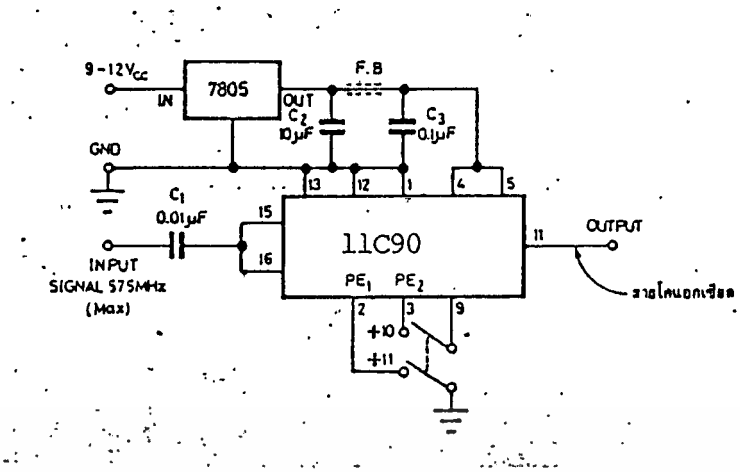
คุณสมบัติแบบคร่าว ๆ ของ 11C90 มีดังนี้คือ

- ความถี่ใช้งานอยู่ในย่าน 10MHz - 650MHz
- ให้เอาต์พุตระดับแรงดัน TTL คือ 5 โวลต์
- สัญญาณอินพุทต่ำสุด 100mV
- สามารถหารความถี่ได้สูงสุด 650MHz
- กำลังสูญเสีย 420mW
- สามารถเลือกอัตราส่วนตัวหารได้ 2 ระดับคือ 1/10 และ 1/11 โดยกำหนดที่ขา PE_1 และ PE_2 ตามลำดับ

การนำไปใช้งาน

ในเครื่องวัดความถี่ระบบดิจิตอลที่สามารถวัดความถี่ได้สูง 10MHz ถึง 100MHz ขึ้นไป ส่วนใหญ่แล้วจะใช้เทคนิคของ prescaler ไปเพิ่มประสิทธิภาพให้สามารถวัดความถี่ได้สูงขึ้นนั่นเอง ก็เพื่อจะดูว่าวงจรออสซิลเลเตอร์ผลิตความถี่ออกมาถูกต้องหรือไม่ หรืออยากจะรู้ว่าเครื่องส่งวิทยุกำลังส่งความถี่เท่าไรออกไป ถ้าเกิดมีปัญหาการรบกวนความถี่กันระหว่างสถานีส่งวิทยุใกล้เคียงกัน ก็ต้องเอาเครื่องวัดความถี่นี่เหลาะไปวัดความถี่พิสูจน์กันเลยว่าใครกันแน่ที่ส่งความถี่ผิด และยิ่งสามารถวัดความถี่ได้สูงเท่าใดก็สามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางขึ้นตามไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



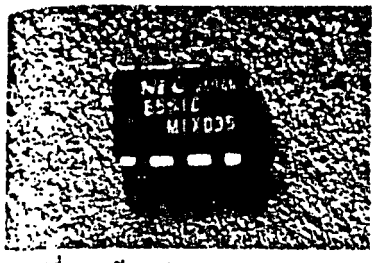
รูปที่ 3 แสดงตัวอย่างวงจรใช้งานของ 11C90 ทำหน้าที่เป็น prescaler

ในรูปที่ 3 เป็นตัวอย่างการนำ 11C90 ไปใช้เป็นวงจร prescaler สามารถเลือกอัตราส่วนหารได้ 2 ระดับคือ 1/10 และ 1/11 และจากรูปแสดงการจัดขาภายนอก (รูปที่ 2) จะเห็นว่า 11C90 ให้เอาต์พุต 3 ระดับคือ TTL, ECL และ $\overline{\text{ECL}}$ และแรงดันระดับ TTL และ ECL แยกออกจากกันโดยเด็ดขาด ถ้านำไปใช้ในความถี่สูง ๆ ที่เอาต์พุต (ขา 11) ควรใช้สายซีลด์ต่อเพื่อลดสัญญาณรบกวน

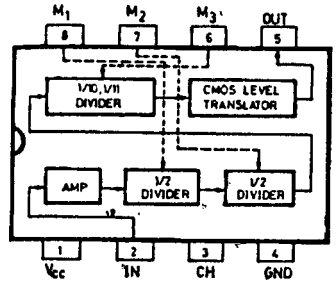
uPB551C ไอซีหารความถี่แบบเลือกตัวหารได้อย่างอิสระ

เป็นไอซีหารความถี่แบบ prescaler เหมือนกับ 11C90 แต่หารความถี่ได้ต่ำกว่า สามารถหารความถี่ได้สูงสุด 150 MHz หน้าตาตัวจริงของ uPB551C แสดงได้รูปที่ 1 เป็นไอซีขนาด 8 ขา ตัวถังเป็นแบบพลาสติก ขนาดตัวพอ ๆ กับไอซีออปแอมป์ธรรมดานี่เหละครับ ส่วนในรูปที่ 2 เป็นโครงสร้างภายในและการจัดขาของ uPB551C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

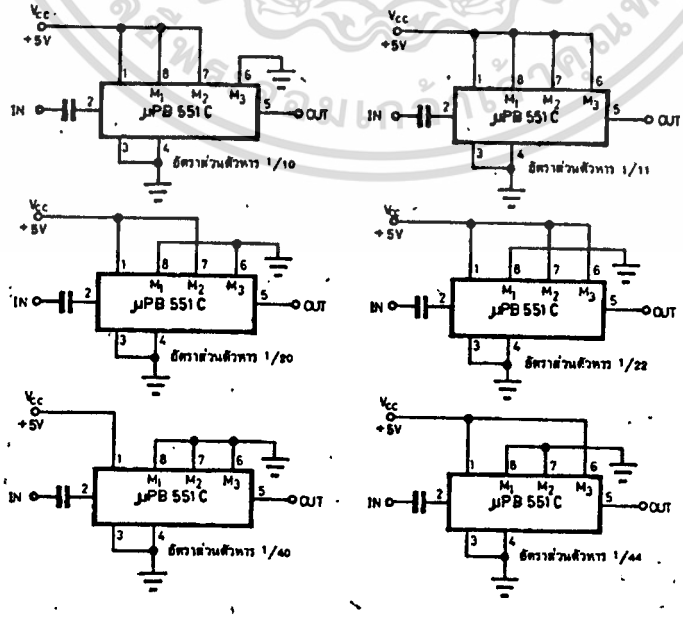


รูปที่ 1 หน้าตาจริงๆของ μPB551C



รูปที่ 2 แสดงโครงสร้างและการจัดขาของ μPB551C

ไอซีตัวนี้สามารถเลือกตัวหารได้ 6 ระดับคือ 1/10, 1/11, 1/20, 1/22, 1/40 และ 1/44 โดยกำหนดระดับลอจิกที่ขา M_1, M_2 และ M_3 ตามตารางที่ 1 และจากโครงสร้างภายในจะเห็นว่าเป็นแบบง่าย ๆ มีวงจรขยายทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่เข้ามา ซึ่งก็คือสัญญาณที่เราต้องการหารความถี่ให้ลดลงนั่นเอง ขนาดความแรงของสัญญาณอินพุตต้องไม่น้อยกว่า 150 mVp-p และมีวงจรหารครึ่ง (1/2) อยู่สองภาค วงจรหาร 1/10 หรือ 1/11 อีกภาคหนึ่ง วงจรหารทั้งหมดนี้ถูกควบคุมด้วยขาควบคุมอัตราส่วนตัวหารซึ่งก็คือขา M_1, M_2 และ M_3 นั่นเอง สัญญาณเอาต์พุตที่ได้สามารถนำไปขับอุปกรณ์ประเภท CMOS ได้โดยตรง



รูปที่ 3 แสดงการต่อขา M_1, M_2 และ M_3 เพื่อกำหนดอัตราส่วนตัวหารตามตารางที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ uPB551C

- คุณสมบัติหารความถี่ได้สูงสุด 150MHz
- ความถี่ใช้งานอยู่ในย่าน 1MHz-150MHz
- สามารถเลือกอัตราส่วนตัวหารได้ 6 ระดับ
- สัญญาณอินพุทต่ำสุด $150mV_{p-p}$
- สัญญาณเอาต์พุท $4V_{p-p}$ และสามารถขับอุปกรณ์ CMOS ได้ทันที
- แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
- กำลังสูญเสียต่ำเพียง 190mV เท่านั้น

การนำไปใช้งาน

สามารถนำไปใช้งานเหมือนกับ 11C90 คือใช้เป็น prescaler ให้กับวงจรนับ ซึ่งจะทำให้วงจรนับ (ตามปกติแล้ววงจรนับทั่ว ๆ ไปจะสามารถนับความถี่ได้ไม่สูงมากนัก) สามารถนับความถี่ได้สูงขึ้นนั่นเอง หรือจะใช้เป็นตัวหารความถี่ในวงจรเฟสล็อกลูปแบบดิจิตอลก็ได้

ในการใช้งานจริง ขั้วอินพุท M_1, M_2 และ CH ควรต่อกับกราวด์หรือแหล่งจ่ายไฟที่มีเสถียรภาพดีพอสมควร เพราะเป็นตัวกำหนดการทำงานของวงจรหารครึ่งทั้งสองวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงการควบคุมอัตราส่วนตัวหารโดยจัดระดับลอจิกให้ขา M_1, M_2 และ M_3

ขาควบคุมอัตราส่วนตัวหาร			อัตราส่วนตัวหาร
M_1	M_2	M_3	
GND	GND	LOW	40
GND	GND	HIGH	44
GND	V_{cc}	LOW	20
GND	V_{cc}	HIGH	22
V_{cc}	V_{cc}	LOW	10
V_{cc}	V_{cc}	HIGH	11

LOW < 0.2 V_{cc}

HIGH > 0.8 V_{cc}

ถ้าใช้อัตราส่วนตัวหาร 1/10 หรือ 1/11 ขนาดความแรงของสัญญาณอินพุทควรไม่ต่ำกว่า $400mV_{p-p}$ และถ้าเป็นอัตราส่วนตัวหารอื่น ๆ (1/22, 1/40 และ 1/44) ขนาดความแรงของสัญญาณอินพุตก็ควรไม่ต่ำกว่า $150mV_{p-p}$

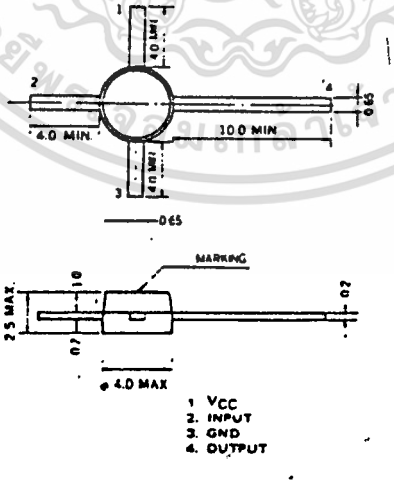
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MMIC (Microwave Monolithic Integrated Circuit)

ไมโครเวฟ MMIC เป็นไอซีสารพัดประโยชน์ สามารถใช้งานได้ตั้งแต่ความถี่ต่ำ 1 MHz ถึงความถี่ขนาด 2-4 GHz (เฉพาะบางตัวเท่านั้น) ได้ตลอด อาจจะกล่าวได้ว่า MMIC เป็นออปแอมป์สำหรับความถี่สูง โดยทั่วไปจะมีกำลังขยายตั้งแต่ 10-24 dB และที่พิเศษก็คือ ความต้านทานขาเข้า (input impedance) และความต้านทานขาออก (output impedance) จะเท่ากับ 50 โอห์ม จึงทำให้สามารถใช้งานได้ง่ายมาก ไม่ต้องมีการไบอัสทางอินพุตและเอาต์พุต และสามารถเอา MMIC หลายตัวมาต่อออนุกรมหรือขนานกันเพื่อให้กำลังขยายเพิ่มขึ้นหรือกำลังมากขึ้นได้

รูปร่างของ MMIC

ส่วนใหญ่จะเป็นแบบ MICRO-X คือตัวแบนมีขาออก 4 ขารอบตัวมัน ดังรูปที่ 1 ยกเว้นบางชนิดอาจมี 8 ขา แบบไอซีทั่วไป หรือแบบ TO-5



ขา 1 อาจเป็นขา V_{cc} หรือขากราวด์
ขา 2 เป็นความต้านทานขาเข้า (input)
ขา 3 เป็นกราวด์เสมอ
ขา 4 เป็นเอาต์พุต หรือบางครั้งเป็น V_{cc} ไบอัสด้วย

รูปที่ 1 การจัดขาของ MMIC (แบบ 4 ขารอบตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแบ่งชนิดของ MMIC

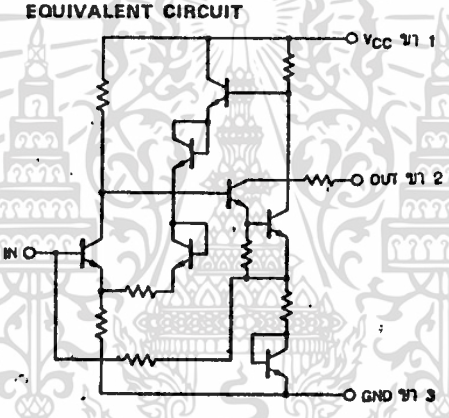
พวกแรกมีขา V_{cc} แยกต่างหากกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะเป็น MMIC ของยุโรป และญี่ปุ่น เช่น

SIEMEN : เบอร์ GGY40

SIGNETIC : เบอร์ NE571

NEC : เบอร์ PC1651G

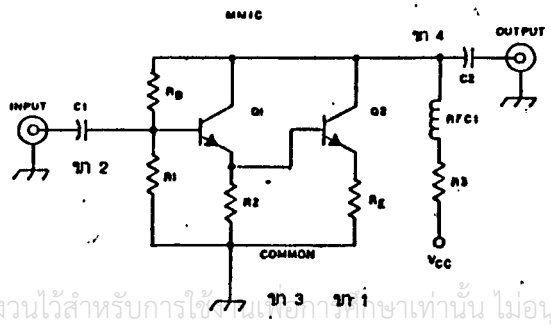
ส่วนใหญ่ในกลุ่มนี้มีโครงสร้างภายในใกล้เคียงกันมาก และมีข้อดีที่ว่าเสถียรภาพสูงมาก แต่จะเสียง่ายมากถ้าจ่ายไฟเกินกว่าที่กำหนด



รูปที่ 2 MMIC
ที่มีขา V_{cc}
แยกต่างหาก

พวกที่ 2 ใช้ขา V_{cc} กับขาเอาต์พุตเป็นขาเดียวกันแต่ต้องมีตัวต้านทานโหลด (R_{load}) จ่ายไบอัสให้แก่ไอซีจะพบมากใน MMIC จากอเมริกาเช่น

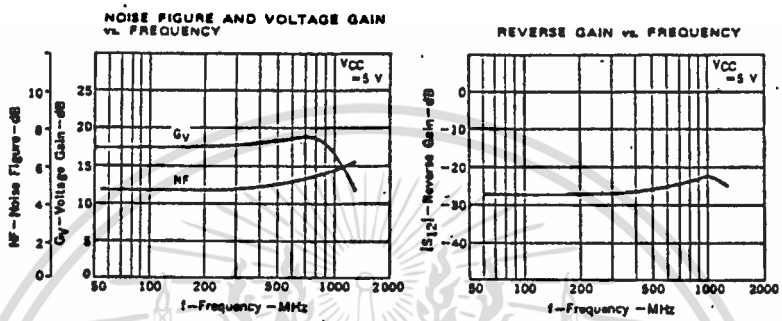
MINICIRCUIT : MAR1 ถึง MAR6 สามารถนำมาต่อขนานได้ดีมาก



รูปที่ 3 MMIC
ชนิดที่ใช้ขา V_{cc}
ร่วมกับขาเอาต์พุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

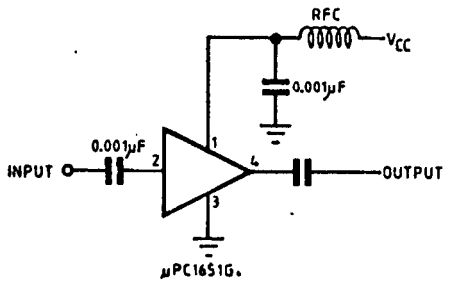
มีข้อควรระวังอยู่เสมอก็คือ ถึงแม้ว่า MMIC จะสามารถทำงานในช่วงความถี่กว้างมาก ๆ เช่น 1 MHz ถึง 1 GHz หรือมากกว่านั้น (2-4 GHz) แต่เราก็ต้องสูญเสีย N_F (ค่า Noise Figure) ซึ่งค่า N_F มีค่าตั้งแต่ 3 dB ถึง 6 dB ทำให้ไม่เหมาะนักที่จะใช้ MMIC เป็นภาครับของสัญญาณที่มีขนาดต่ำมาก ๆ เช่น ในการเป็นภาครับของความถี่ VHF, UHF การใช้งานส่วนใหญ่นั้นเมื่อความถี่สูงขึ้นกำลังขยายก็จะลดลง



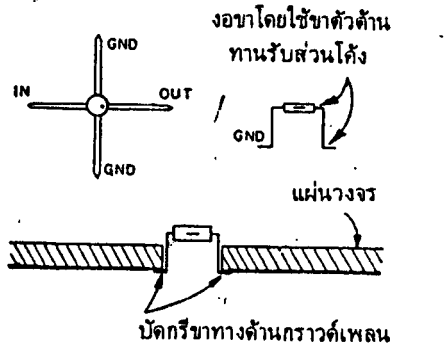
รูปที่ 4 คุณสมบัติด้านสัญญาณรบกวน และอัตราขยายเทียบกับความถี่ของ MMIC

การใช้งาน

เนื่องจากขาอินพุทกับขาเอาต์พุตมักจะมีไฟออกไปด้วย เวลาใช้งานจึงต้องมีตัวเก็บประจุต่อไว้ทั้ง 2 ด้าน เพื่อป้องกันไฟออกไปกวนวงจรที่ MMIC ต่อด้วย ปกติจะมีค่าอยู่ประมาณ 0.1 uF ถึง 0.001 uF ซึ่งถ้าเป็นความถี่ใช้งานช่วง VHF หรือ HF อาจใช้ตัวเก็บประจุแบบเซรามิก หรือซิลเวอร์ไมก้าได้ แต่ถ้าเป็นความถี่สูงถึง UHF หรือไมโครเวฟแล้ว ควรใช้ตัวเก็บประจุแบบชิพ (ความถี่สูง) เท่านั้น



รูปที่ 5 วงจรภาคขยายย่านกว้างใช้ MMIC เบอร์ UPC1651G



รูปที่ 6 แสดงวิธีติดตั้ง MMIC บนแผ่นวงจรพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

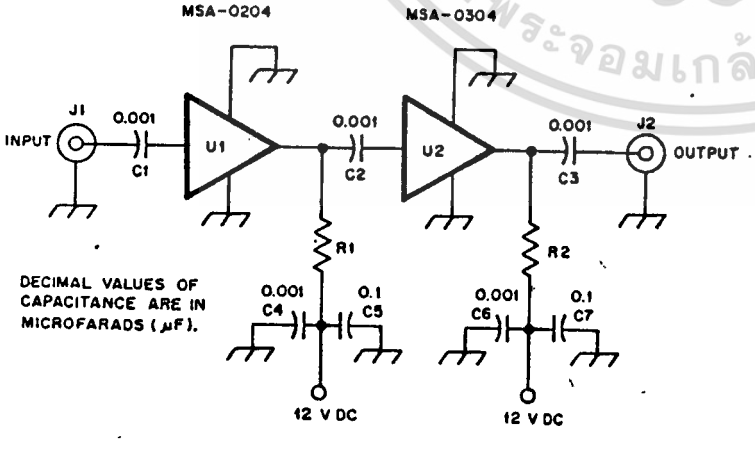
ตัวอย่างวงจรและชนิดของการใช้งาน

ใช้ทำเป็นภาคขยายย่านกว้าง (wide band amplifier) ในความถี่ตั้งแต่ 1 MHz ถึง 1 GHz ควรติดตัว MMIC กับแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า โดยการทำลายวงจรแบบไมโครสตริปจะช่วยในการทำงานในความถี่สูงดีขึ้นมาก

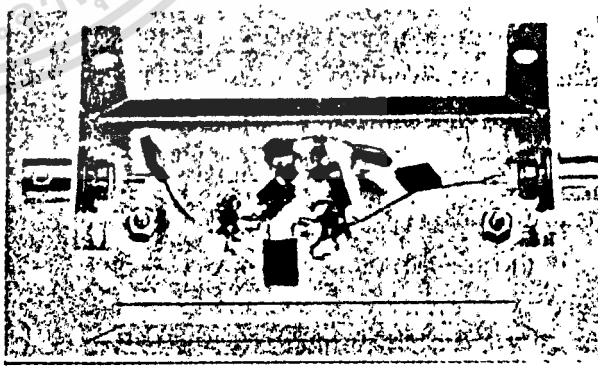
ตัวอย่างการใช้งานวงจรนี้ก็ เช่น

- วงจรเพิ่มความไวให้กับเครื่องวัดความถี่
- เป็นวงจรเพิ่มความไวให้กับโทรทัศน์ (บูสเตอร์ทีวี)
- เพิ่มความไวให้เครื่องวัด เช่น พิลด์สเตรนจ์มิเตอร์ หรือ สเปกตรัมอะนาไลเซอร์ (อย่างชนิดไม่ดีนัก)

ถ้าไม่ต้องการคุณสมบัติดีเลิศนักก็อาจต่อตัวเก็บประจุโดยตรงกับขาไอซีเลย ถ้าความถี่ไม่เกิน 150 MHz ดังเช่นวงจรในรูปที่ 7 และรูปที่ 8



รูปที่ 7 วงจรขยายย่านกว้างความถี่ไม่เกิน 150 MHz



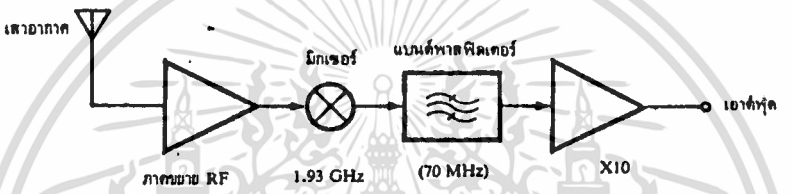
รูปที่ 8 แสดงการต่อตัวเก็บประจุโดยตรงเข้ากับขาไอซีจากวงจรในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการต่อ MMIC ดังรูปที่ 8 โดยไม่ใช้แผ่นวงจรพิมพ์ ใช้งานได้ดีในย่านตั้งแต่ 1 MHz ถึง 50 MHz แล้วจะเริ่มแย่ลงเมื่อถึง 150 MHz และไม่ควรใช้วงจรแบบนี้ในความถี่สูงกว่า 200 MHz ยกเว้นการใช้ไมโครสตริบ

ใช้เป็น IF ในงานความถี่สูงมากในช่วง VHF ถึงไมโครเวฟ

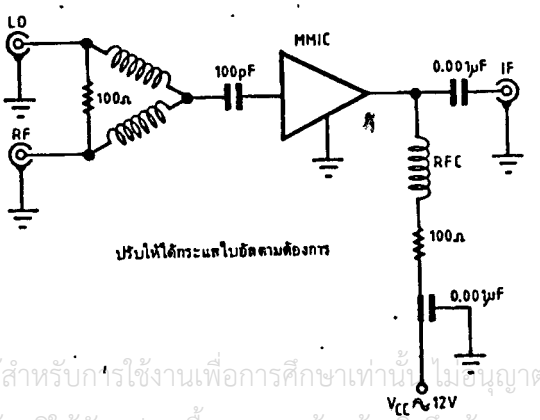
เพราะว่าเมื่อความถี่สูงกว่า 10.7 MHz การทำภาคขยายไอเอฟจะยากขึ้นเรื่อยไปตามความถี่ ลักษณะการใช้เป็นดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การใช้ MMIC ในภาคขยายไอเอฟความถี่สูงมาก

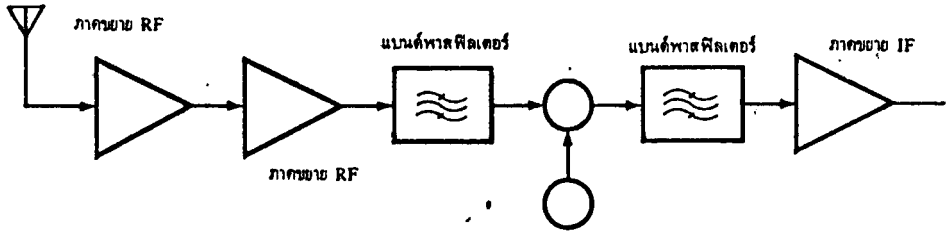
ใช้ทำเป็นมิกเซอร์ในงานดาวน์คอนเวอร์เตอร์ 4 GHz หรือ 2 GHz

วงจรพวกนี้ส่วนมากเรียกว่า เซลฟ์ออสซิลเลชั่นมิกเซอร์ (self oscillation mixer) โดยใช้ MMIC ชนิดพิเศษบางตัวโดยให้สัญญาณ LO (locall oscillate) พร้อมกับ RF ที่ วิกกินสัตดิไวเดอร์ (Wikinsondivider) ดังในรูปที่ 10 หรือบางครั้งจะใช้ออสซิลเลเตอร์ในตัว MMIC เอง



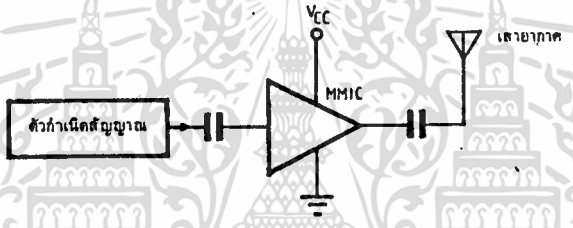
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 10 การใช้ MMIC ในภาคดาวน์คอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 11 ลักษณะวงจรดาวน์คอนเวอร์เตอร์โดยทั่วไป

การใช้แบนด์พาสฟิลเตอร์อาจจะทำให้ลดการรบกวนจากฮาร์มอนิกในตัวเองได้ และอาจช่วยให้ค่า N_F (noise figure) ไม่สูงขึ้นมากเกินไปสามารถใช้ทำเป็นตัวกำเนิดสัญญาณทดสอบความถี่สูง (signal injector)



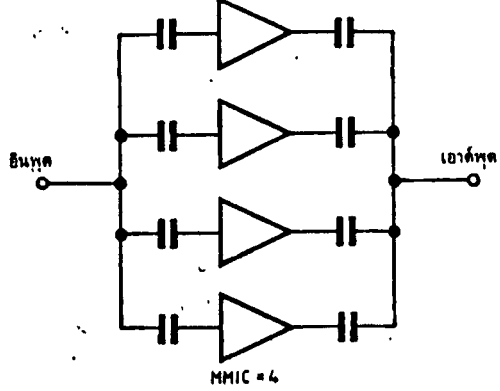
รูปที่ 12 การนำ MMIC มากำเนิดสัญญาณRF เพื่อทดสอบวงจรความถี่สูงอื่นๆ

ถ้าเราเอาเสาอากาศต่อกับเอาต์พุตของ MMIC อาจจะได้สัญญาณขนาด 1 ถึง 4 mW ออกมาได้ สามารถใช้ส่งสัญญาณ RF ในระยะต่ำๆ 5 ถึง 10 เมตร เพื่อใช้ในเวลาซ่อมแซมอุปกรณ์ภาครับเช่น โทรทัศน์, วิทยุ หรือระบบสื่อสารได้ดี

การต่อขนาน MMIC

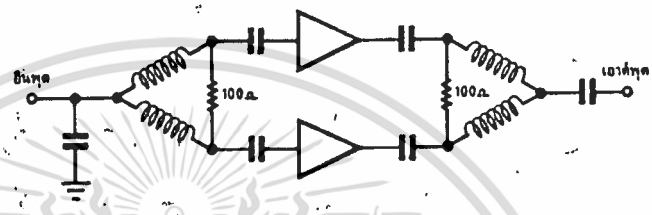
เราสามารถเอา MMIC หลายตัวมาต่อขนานกันเพื่อเพิ่มกำลังเอาต์พุต ซึ่งจำเป็นมากในการทำเอ็กซ์ไซเตอร์ทางด้านระบบดาวเทียม แต่ในกรณีนี้นั้น อิมพีแดนซ์จะลดลงเหลือ 12.5 โอห์ม จึงจำเป็นต้องมีการทำอิมพีแดนซ์แมตชิ่งเพื่อแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 13 การต่อขนาน MMIC 4 ตัว เพื่อเพิ่มกำลังเอาต์พุต

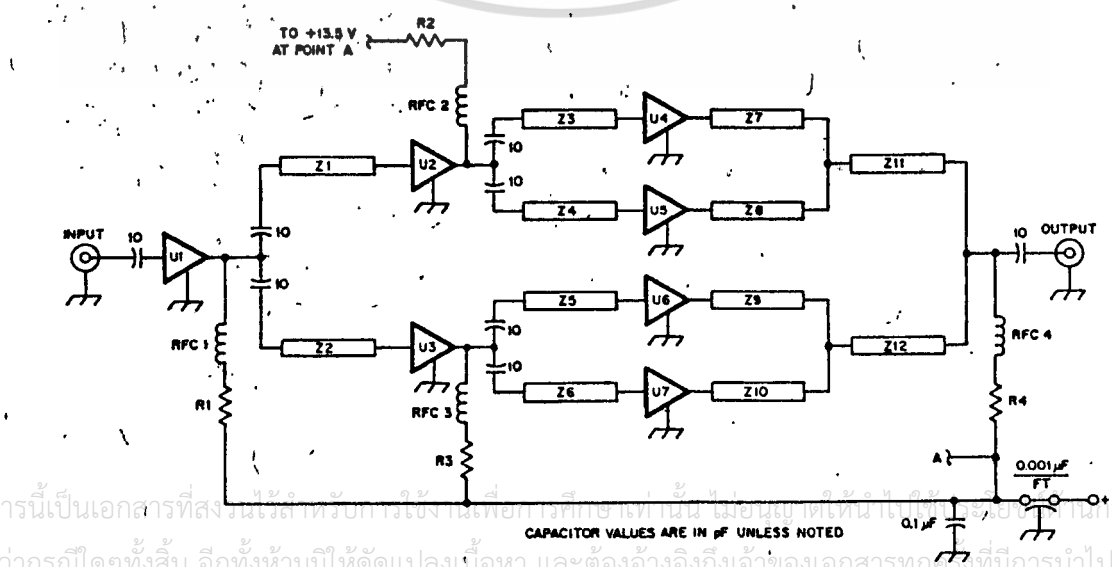
เราอาจพัฒนาโดยการใช้การแบ่งกำลังของแต่ละชุด โดยใช้วิกกินสันดิไวเดอร์ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การต่อขนาน MMIC โดยการแยกชุดผ่านวิกกินสันดิไวเดอร์ (Wikinson divi

วงจรพวกนี้อาจจะใช้ได้ถึงย่าน VHF เท่านั้น ในกรณีที่ต้องการให้ทำงานได้สูงมากถึง GHz ต้องใช้การดิไวเดอร์แบบไมโครสตริปลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า

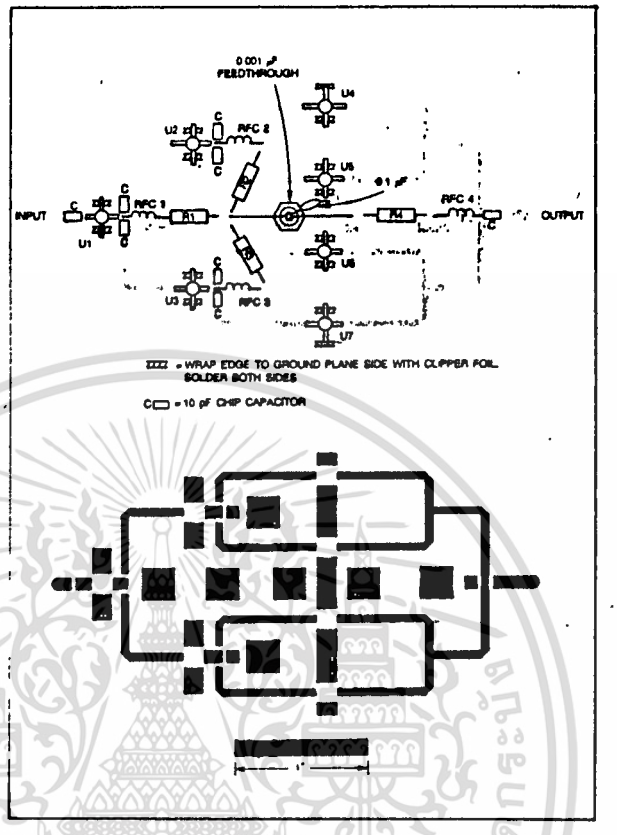
ตัวอย่างการใช้งาน โดยการแบ่งภาคดิไวเดอร์ โดยใช้ไมโครสตริปลงบนแผ่นวงจรพิมพ์ 2 หน้า แสดงในรูปที่ 15 และ 16 วงจรนี้ใช้ได้ตั้งแต่ 500 MHz ถึง 2.5 GHz



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

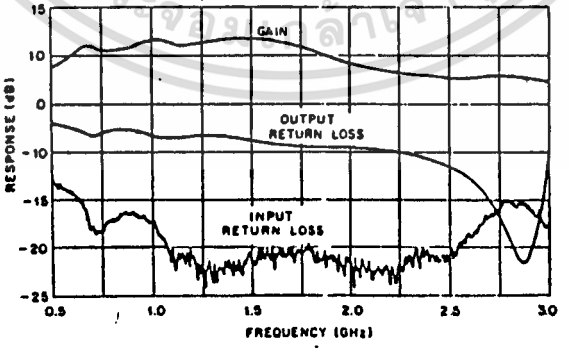
รูปที่ 15 การแบ่งชุด MMIC โดยใช้ไมโครสตริป

ในรูปที่ 16 แสดงลายวงจรของวงจรตัวอย่างด้านที่เรียกว่า สตริปไลน์ ทำบนแผ่นวงจร 2 หน้า ที่มีค่าไดอิเล็กตริกคงที่ ความหนาของลายวงจรจะเป็นตัวกำหนดค่าอิมพีแดนซ์ (Z_1 ถึง Z_{12}) ทำให้สามารถจะแมตช์และแบ่งสัญญาณได้คงที่



รูปที่ 16 สตริปไลน์บนแผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรในรูปที่ 15

รูปที่ 17 เป็นกราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรด้านบนแสดงให้เห็นว่าสามารถใช้ได้ตั้งแต่ 500 MHz ถึง 2.5 GHz



รูปที่ 17 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจร ซึ่งใช้สตริปไลน์ (วงจรรูปที่ 15)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM54HC04/MM74HC04 Hex Inverter

General Description

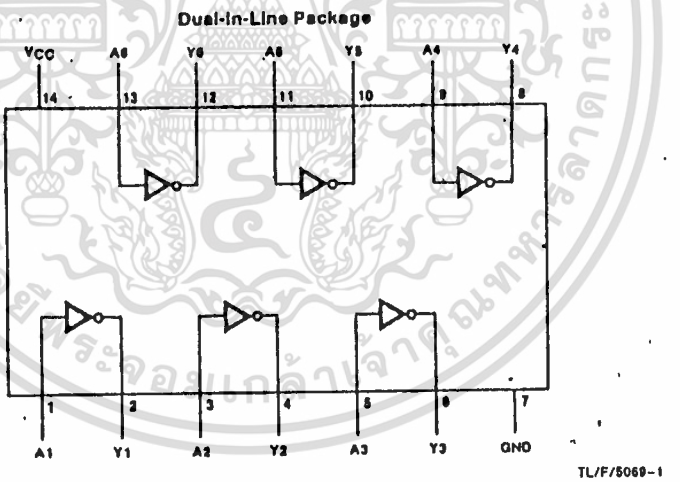
These Inverters utilize microCMOS™ Technology, 3.5 micron silicon gate P-well CMOS, to achieve operating speeds similar to LS-TTL gates with the low power consumption of standard CMOS integrated circuits.

The MM54HC04/MM74HC04 is a triple buffered inverter. It has high noise immunity and the ability to drive 10 LS-TTL loads. The 54HC/74HC logic family is functionally as well as pin-out compatible with the standard 54LS/74LS logic family. All inputs are protected from damage due to static discharge by intermal diode clamps to V_{CC} and ground.

Features

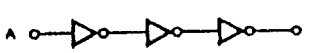
Typical propagation delay: 8 ns
Fan out of 10 LS-TTL loads
Quiescent power consumption: 10 uW maximum at room temperature
Typical input current: 10^{-5} uA

Connection Diagram



MM54HC04/MM74HC04
54HC04 (J) 74HC04 (J,N)

Logic Diagram



1 of 6 Inverters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

Supply Voltage (V_{CC})	-0.5 to + 7.0 V
DC Input Voltage (V_{IN})	-1.5 to V_{CC} + 1.5 V
DC Output Voltage (V_{OUT})	-0.5 to V_{CC} + 0.5 V
Clamp Diode Current (I_{IK}, I_{OK})	± 20 mA
DC Output Current, per pin (I_{OUT})	± 25 mA
DC V_{CC} or GND Current, per pin (I_{CC})	± 50 mA
Storage Temperature Range (T_{STG})	-65C to + 150C
Power Dissipation (P_D) (Note 3)	500 mW
Lead Temperature (T_L) (Soldering 10 seconds)	260C

Operating Conditions

		Min	Max	Units
Supply Voltage (V_{CC})		2	6	V
DC Input or Output Voltage (V_{IN}, V_{OUT})		0	V_{CC}	V
Operating temperature Range (T_A)				
MM74HC		-40	+85	C
MM54HC		-55	+125	C
Input Rise or Fall Times (t_r, t_f)	V_{CC} = 2.0 V		1000	ns
	V_{CC} = 4.5 V		500	ns
	V_{CC} = 6.0 V		400	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	T_A = 25C	74HC T_A = -40to85C	54HC T_A = -55tol25C	Units
				Typ	Guaranteed Limits		
V_{IH}	Minimum High Level Input Voltage		2.0V		1.5	1.5	1.5	V
			4.5V		3.15	3.15	3.15	V
			6.0V		4.2	4.2	4.2	V
V_{IL}	Maximum Low Level Input Voltage		2.0V		0.3	0.3	0.3	V
			4.5V		0.9	0.9	0.9	V
			6.0V		1.2	1.2	1.2	V
V_{OH}	Minimum High Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IL}$ I_{OUT} s20uA	2.0V	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5V	4.5	4.4	4.4	4.4	V
			6.0V	6.0	5.9	5.9	5.9	V
		$V_{IN} = V_{IL}$ I_{OUT} s4.0mA	4.5V	4.2	3.98	3.84	3.7	V
		I_{OUT} s5.2mA	6.0V	5.7	5.48	5.34	5.2	V
V_{OL}	Maximum Low Level Output Voltage	$V_{IN} = V_{IH}$ I_{OUT} s20uA	2.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5V	0	0.1	0.1	0.1	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
		$V_{IN} = V_{IH}$ I_{OUT} s4.0mA	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
		I_{OUT} s5.2mA	6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
I_{IN}	Maximum Input Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND	6.0V		$\pm$0.1	$\pm$1.0	$\pm$1.0	uA
I_{CC}	Maximum Quiescent Supply Current	$V_{IN} = V_{CC}$ or GND I_{OUT} = 0 uA	6.0V		2.0	20	40	uA

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.
Note 3: Power Dissipation temperature derating - plastic "N" package: -12 mW/C from 85C to 85C; ceramic "J" package: -12 mW/C from 100C to 125C
Note 4: For a power supply of 5V $\pm$10% the worst case output voltages (V_{OH}, and V_{OL}) occur or HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this supply. Worst case V_{IH} and V_{IL} occur at V_{CC} = 5.5V and 4.5V respectively (The V_{IH} value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current (I_{IN}, I_{CC} and I_{OZ}) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics

V_{CC} = 5V, T_A = 25C, C_L = 15 pF, $t_r = t_f$ = 6 ns

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
t_{PHL}, t_{PLH}	Maximum Propagation Delay		8	15	ns

AC Electrical Characteristics

V_{CC} = 2.0V to 6.0V, C_L = 50 pF, $t_r = t_f$ = 6 ns (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	T_A = 25C	74HC T_A = -40to85C	54HC T_A = -55tol25C	Units
				Typ	Guaranteed Limits		
t_{PHL}, t_{PLH}	Maximum Propagation Delay		2.0V	55	86	108	129	ns
			4.5V	11	19	24	29	ns
			6.0V	9	16	20	24	ns
t_{TLH}, t_{THL}	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V	30	75	95	110	ns
			4.5V	8	15	19	22	ns
			6.0V	7	13	16	19	ns
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	(per gate)		20				pF
C_{IN}	Maximum Input Capacitance			5	10	10	10	pF

Note 5: C_{PD} determines the no load dynamic power consumption, $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$, and the no load dynamic current consumption, $I_S = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$.

Note 6: Refer to Section 1 for Typical Mm54/74HC AC Switching Waveforms and Test Circuits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MM54HC86/MM74HC86 Quad 2-Input Exclusive OR Gate

General description

This EXCLUSIVE OR gate utilizes microCMOS™ Technology, 3.5 micron silicon gate P-well CMOS, to achieve operating speeds similar to equivalent LS-TTL gates while maintaining the low power consumption and high noise immunity characteristic of standard CMOS integrated circuits. These gates are fully buffered and have a fanout of 10 LS-TTL loads. The MM54HC/74HC logic family is functionally as well as pin out compatible with the standard 54LS/74LS logic family. All inputs are protected from damage due to static discharge by internal diode clamps to V_{CC} and ground.

Features

Typical propagation delay: 9 ns
Wide operating voltage range: 2-6V
Low input current: 1 uA maximum
Low quiescent current: 20 uA maximum (74 series)
Output drive capability: 10 LS-TTL loads

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Notes 1 & 2)

Supply Voltage (V_{CC})	-0.5 to + 7.0 V
DC input Voltage (V_{IN})	-1.5 to V_{CC} + 1.5 V
DC Output Voltage (V_{OUT})	-0.5 to V_{CC} + 0.5 V
Clamp Diode Current (I_{IK}, I_{OK})	± 20 mA
DC Output Current, per pin (I_{OUT})	± 25 mA
DC V_{CC} or GND Current, per pin (I_{CC})	± 50 mA
Storage Temperature Range (T_{STG})	-65C to + 150C
Power Dissipation (P_D) (Note 3)	500 mW
Lead Temperature (T_L) (Soidering 10 seconds)	260C

Operating Conditions

		Min	Max	Units
Supply Voltage (V_{CC})		2	6	V
DC Input or Output Voltage (V_{IN}, V_{OUT})		0	V_{CC}	V
Operating Temperature Range (T_A)				
MM74HC		-40	±85	C
MM54HC		-55	±125	C
Input Rise or Fall Times (t_r, t_f)	V_{CC} = 2.0 V		1000	ns
	V_{CC} = 4.5 V		500	ns
	V_{CC} = 6.0 V		400	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	T_A=25C	74HC T_A=-40to85C	54HC T_A=-55tol25C	Units
				Typ	Guaranteed Limits		
V_{IH}	Minimum High Level Input Voltage		2.0V		1.5	1.5	1.5	V
			4.5V		3.15	3.15	3.15	V
			6.0V		4.2	4.2	4.2	V
V_{IL}	Maximum Low Level Input Voltage		2.0V		0.3	0.3	0.3	V
			4.5V		0.9	0.9	0.9	V
			6.0V		1.2	1.2	1.2	V
V_{OH}	Minimum High Level Output Voltage	V_{IN} = V_{IH} or V_{IL}						
		I_{OUT} s20uA	2.0V	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5V	4.5	4.4	4.4	4.4	V
			6.0V	6.0	5.9	5.9	5.9	V
		V_{IN} = V_{IH} or V_{IL}						
		I_{OUT} s4.0mA	4.5V	4.2	3.98	3.84	3.7	V
		I_{OUT} s5.2mA	6.0V	5.7	4.48	5.34	5.2	V
V_{OL}	Maximum Low Level Output Voltage	V_{IN} = V_{IH} or V_{IL}						
		I_{OUT} s20uA	2.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5V	0	0.1	0.1	0.1	V
			6.0V	0	0.1	0.1	0.1	V
		V_{IN} = V_{IH} or V_{IL}						
		I_{OUT} s4.0mA	4.5V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
		I_{OUT} s5.2mA	6.0V	0.2	0.26	0.33	0.4	V
I_{IN}	Maximum Input	V_{IN} = V_{CC} or GND	6.0V		$\pm$0.1	$\pm$1.0	$\pm$1.0	uA
I_{CC}	Maximum Quiescent Supply Current	V_{IN} = V_{CC} or GND I_{OUT} = 0 uA	6.0V		2.0	20	40	uA

Note 1: Absolute Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.

Note 2: Unless otherwise specified all voltages are referenced to ground.

Note 3: Power Dissipation temperature derating-plastic "N" package: -12 mW/C from 65C to 85C; ceramic "J" package: -12 mW/C from 100C to 125C

Note 4: For a power supply of 5V $\pm$10% the worst case output voltages (V_{OH}, and V_{OL}) occur for HC at 4.5V. Thus the 4.5V values should be used when designing with this Supply. Worst case V_{IH} and V_{IL} occur at V_{CC} = 5.5V and 4.5V respectively. (The V_{IH} value at 5.5V is 3.85V.) The worst case leakage current (I_{IN}, I_{CC} and I_{OZ}) occur for CMOS at the higher voltage and so the 6.0V values should be used.

AC Electrical Characteristics

V_{CC} = 5 V, t_A = 25C, C_L = 15 pF, $t_r = t_f$ = 6 ns

Symbol	Parameter	Conditions	Typ	Guaranteed Limit	Units
t_{PHL}, t_{PLH}	Maximum Propagation Delay		12	20	ns

AC Electrical Characteristics

V_{CC} = 2.0 V to 6.0 V, C_L = 50 pF, $t_r = t_f$ = 6 ns (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Conditions	V_{CC}	T_A = 25C	74HC T_A = -40to85C	54HC T_A = -55tol25C	Units
				Typ	Guaranteed Limits		
T_{PHL}, t_{PLH}	Maximum Propagation Delay		2.0V 4.5V 6.0V	60 12 10	120 24 20	150 30 26	179 36 30	ns ns ns
t_{TLH}, t_{THL}	Maximum Output Rise and Fall Time		2.0V 4.5V 6.0V	30 8 7	75 15 13	95 19 16	110 22 19	ns ns ns
C_{PD}	Power Dissipation Capacitance (Note 5)	(per gate)		25				pF
C_{IN}	Maximum Input Capacitance			5	10	10	10	pF

Note 5: C_{PD} determines the no load dynamic power consumption, $P_C = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$, and the no load dynamic current consumption, $I_S = C_{PD} V_{CC} f + I_{CC}$.

Note 6: Refer to Section 1 for Typical MM54/74HC AC Switching Waveforms and Test Circuits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTERSIL

ICM 7226 A/B
10 MHZ Universalzählzähler

ICM 7226 A (Treibt LED's mit gemeinsamer Anode)
ICM 7226 B (Treibt LED's mit gemeinsamer Kathode)

EIGENSCHAFTEN

- **Einsetzbar zur Messung von Frequenz, Periodendauer, Ereignissen, Frequenzverhältnis und Zeitintervall.**
- **Stellen- und Segmenttreiber für 8-stellige LED-Anzeigen integriert. Version für gemeinsame Anode und gemeinsame Kathode verfügbar.**
- **Frequenzmessung von 0 bis 10 MHz.**
- **Periodendauermessung von 0,5 µsec bis 10 sec.**
- **Stabiler Oszillator — extern mit Quarz 1 MHz oder 10 MHz zu beschalten.**
- **Steuersignale für die Ansteuerung von Vorteilen und Vorteileranzeigen.**
- **BCD-Ausgänge im Multiplex.**
- **Alle Anschlüsse gegen statische Aufladung geschützt.**

ALLGEMEINE BESCHREIBUNG

Die Typen ICM7226A und ICM7226B sind vollintegrierte Universalzähler für die direkte Ansteuerung einer LED-Anzeige.
Sie kombinieren die Unterfunktionen Referenzoszillator, einen dekakischen Zeitbasiszähler, einen 8-Dekaden-Datenzähler mit Zwischenspeicher, 7-Segment-Dekodierer, Stellen-Multiplexer, Stellen- und Segmenttreiber für die direkte Ansteuerung großer 8-stelliger LED-Anzeigen auf einem CMOS-Chip.

Der Zählereingang besitzt eine maximale Eingangsfrequenz von 10 MHz in den Betriebsarten Frequenzmessung und Ereignismessung und eine von 2 MHz in den anderen Betriebsarten. Beide Eingänge sind digitale Eingänge. In den meisten Anwendungen wird zusätzliche Verstärkung und Pegelanpassung des Eingangssignals notwendig sein, um geeignete Eingangssignale für den Zählerbaustein zu erzeugen.
Der IMC7226A und der IMC7226B arbeiten als Frequenzzähler, Periodendauerzähler, Frequenzverhältniszähler (fA/fB) oder Zeitintervallzähler. Der Zähler benutzt einen Referenzoszillator von 10 MHz oder 1 MHz, der mit einem externen Quarz beschaltet wird. Zusätzlich ist ein Eingang für eine externe Zeitbasis vorhanden. Bei der Messung von Periodendauer und Zeitintervall ergibt sich bei Verwendung einer 10 MHz-Zeitbasis eine Auflösung von 0,1 µsec. Bei den Mittelwertmessungen von Periodendauer und Zeitintervall kann die Auflösung im Nanosekundenbereich liegen.
Bei der Betriebsart Frequenzmessung kann der Anwender Torzeiten von 10 msec, 100 msec, 1 sec und 10 sec auswählen. Mit einer Torzeit von 10 sec ist die Wertigkeit der niederwertigsten Stelle 0,1 Hz. Zwischen aufeinanderfolgenden Messungen liegt eine Pause von 0,2 sec in allen Meßbereichen und Funktionen. Steuersignale für die Ansteuerung von Vorteilen sind vorhanden.

Beide Versionen des ICM7226 ermöglichen die Unterdrückung voreilender Nullen.
Die Frequenz wird in KHz dargestellt. Beim ICM7226A und B erfolgt die Darstellung der Zeit in µsec. Die Anzeige wird im Multiplex mit einer Frequenz von 500 Hz und einem Tastverhältnis von 12,5 % für jede Stelle angesteuert.
Der Typ ICM7226A ist für die Ansteuerung von 7-Segment-Anzeigen mit gemeinsamer Anode mit einem typischen Segment-Spitzenstrom von 25 mA ausgelegt. Der Typ ICM7226B steuert Anzeigen mit gemeinsamer Kathode an, wobei der typische Segment-Spitzenstrom bei 12 mA liegt.
In der Betriebsart „Anzeige aus" werden die Stellen- und Segmenttreiber deaktiviert, so daß die Anzeige für andere Funktionen benutzt werden kann.

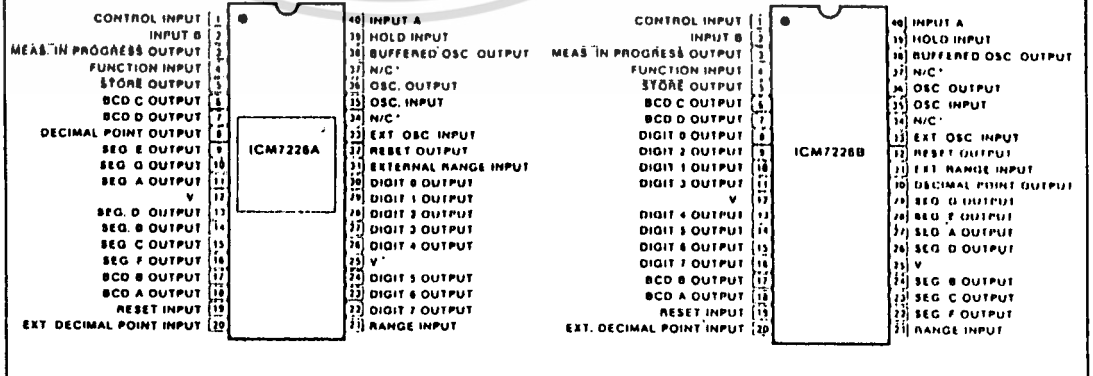
BESTELL-INFORMATION

Component:

- ICM7226A IJL (Common anode driver, −20° C to +70° C Operating temperature range, 40 pin ceramic DIP)
- ICM7226B IPL (Common cathode driver, −20° C to +70° C Operating temperature range, 40 pin plastic DIP)

KIT's
FU 7226 A
Erprobungskit
FU 7226 B komplett
als Messgerät

ANSCHLUSSANORDNUNG



*FOR MAXIMUM FREQUENCY STABILITY, CONNECT TO V+ OR V−

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSOLUTE MAXIMALWERTE

Maximum Supply Voltage (V⁺-V⁻) ..... 6.5 volts
Maximum Digit Output Current 400mA
Maximum Segment Output Current 60mA
Voltage on any Input or Output Terminal..... Not to exceed V⁺-V⁻ by more than ±0.3 volts
Maximum Power Dissipation at ..... 1.0 watts (ICM7226A)
70°C (Note 1) ..... 0.5 watts (ICM7226B)
Maximum Operating Temperature Range ..... 20°C to +70°C
Maximum Storage Temperature Range ..... -55°C to +125°C

Absolute maximum ratings refer to values that if exceeded may destroy or permanently change the device. The device is guaranteed for continous operation only under the conditions defined under the section TYPICAL OPERATING CHARACTERISTICS.

Note 1: The ICM7226 may be triggered into a destructive latchup mode if either input signals are applied before the power supply is applied or if input or outputs are forced to voltages exceeding V⁺-V⁻ by more than 0.3 volts.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS V⁺-V⁻ = 5.0V, Test Circuit, T_A = 25°C, unless otherwise specified.

PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Current	I_{DD}	Display Off Unused inputs to V⁻		2	5	mA
Supply Voltage Range		-20°C < T_A < 70°C Input A, Input B Frequency at F_{MAX}	4.75		6.0	volts
Maximum Guaranteed Frequency Input A, Pin 40	F_{AMAX}	-20°C < T_A < 70°C 4.75V < V⁺ V⁻ < 6.0V Figure 1 Function -Frequency, Ratio, Unit Counter Function = Period, Time Interval	10 2.5	14		MHz MHz
Maximum Frequency Input B, Pin 2	F_{BMAX}	-20°C < T_A < 70°C 4.75V < V⁺ V⁻ < 6.0V Figure 2	2.5			MHz
Minimum Separation Input A to Input B Time Interval Function		20°C < T_A < 70°C 4.75V < V⁺ -V⁻ < 6.0V Figure 3	250			nsec
Maximum osc. freq. and ext. osc. freq. Minimum ext. osc. freq.		-20°C < T_A < 70°C 4.75V < V⁺ -V⁻ < 6.0V	10		100	MHz kHz
Oscillator Transconductance	gm	V⁺ V 4.75V T_A = +70°C	2000			μS
Multiplex Frequency Time Between Measurements	F_{MAX}	f_{osc} = 10 MHz f_{osc} = 10 MHz		500 200		Hz msec

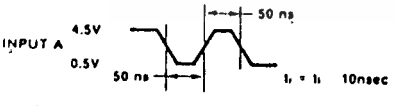


Abb. 1: Waveform for Guaranteed Minimum F_{AMAX} Function = Frequency, Frequency Ratio, Unit Counter.

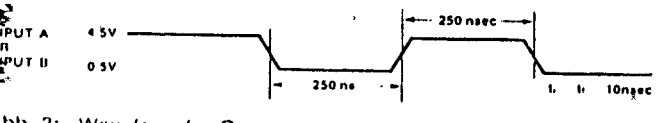


Abb. 2: Waveform for Guaranteed Minimum F_{BMAX} and F_{AMAX} for Function = Period and Time Interval.

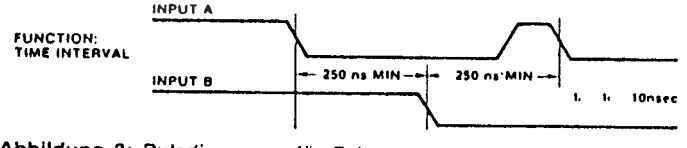


Abbildung 3: Pulsdiagramm für Zeitmessungen zwischen Kanal A und Kanal B.

Die negative Flanke an Kanal A startet den Zeitintervallzähler. Die negative Flanke an Kanal B stoppt diesen Zähler. Zur Vervollständigung der Messung muß nach der negativen Flanke an B noch einmal eine negative Flanke an A angelegt werden. Bei der Messung periodischer Signale geschieht dies automatisch. Bei der Messung von Einzelpulsen muß diese zweite negative Flanke an A zusätzlich erzeugt werden.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $V^+ - V^- = 5.0V$, test circuit, $T_A = 25°C$, unless otherwise specified.

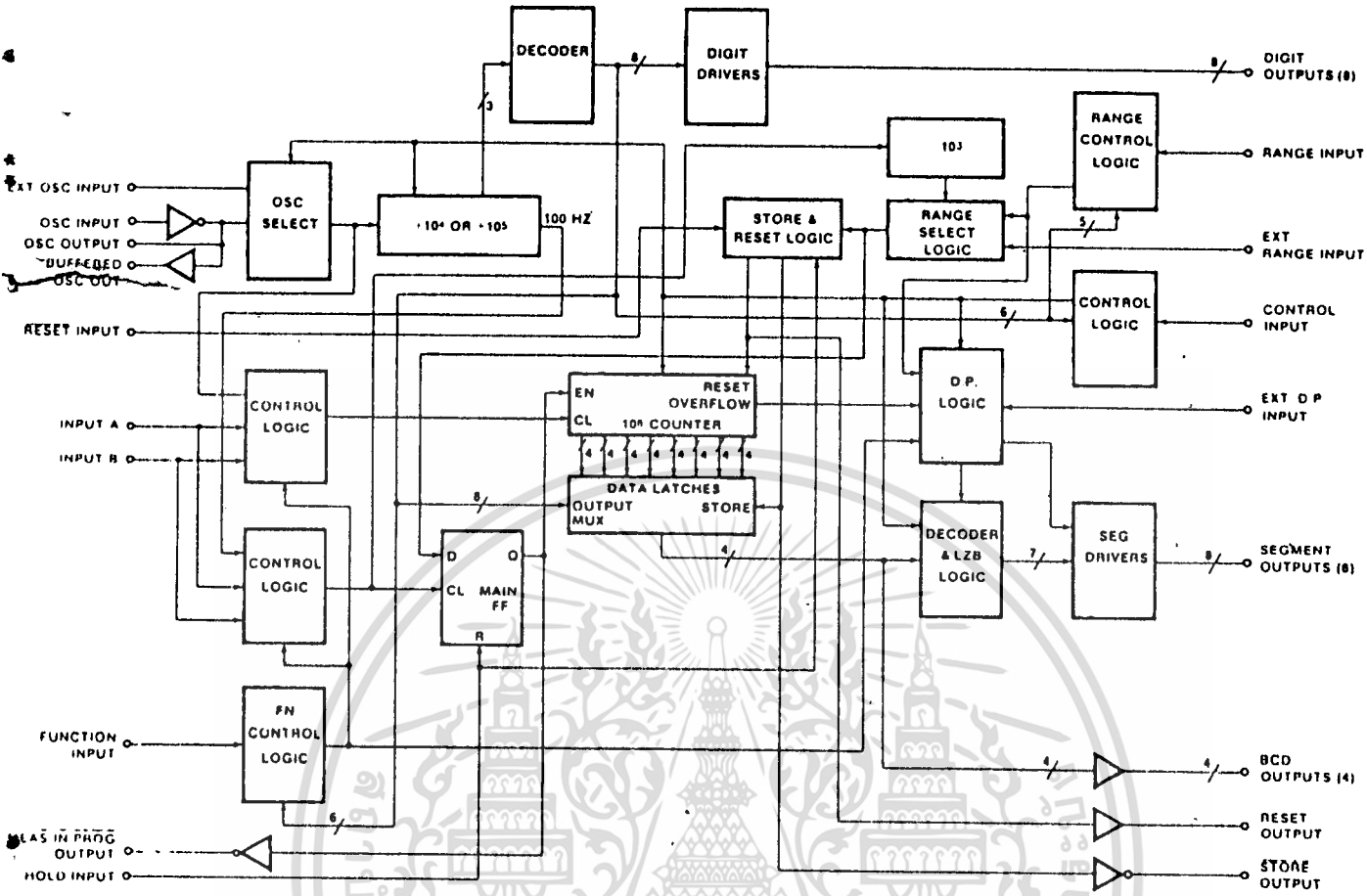
PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT VOLTAGES						
PINS 2,19,33,39,40						
input low voltage	V_{IL}	$-20°C < T_A < +70°C$	1.0			V
input high voltage	V_{IH}	Referred to V^-			3.5	V
PIN 39 INPUT LEAKAGE	I_L		10			μA
PIN 33						
input low voltage	V_{IL}	$-20°C < T_A < 70°C$	.8			V
input high voltage.	V_{IH}	Referred to V^-			2.0	V
Input resistance to V^+						
PINS 19,33	R	$V_{IN} = V^+ - 1.0V$	100	400		kΩ
Input resistance to V^-						
PIN 31	R	$V_{IN} = V^- + 1.0V$	100	400		kΩ
Output Current						
PINS 3,5,6,7,17,18,32,38	I_{OL}	$V_{OL} = V^- + 0.4V$	.36			mA
PINS 5,6,7,17,18,32	I_{OH}	$V_{OH} = V^- + 0.4V$	100			μA
PINS 3,38	I_{OH}	$V_{OH} = V^+ - .8V$	265			μA
ICM7226A						
DIGIT DRIVER						
PINS 22,23,24,26,27,28,29,30						
high output current	I_{OH}	$V_{out} = V^+ - 2.0V$	170	200		mA
low output current	I_{OL}	$V_{out} = V^- + 1.0V$		-.3		mA
SEGMENT DRIVER						
PINS 8,9,10,11,13,14,15,16						
low output current	I_{OL}	$V_{out} = V^- + 1.5$	25	35		mA
high output current	I_{OH}	$V_{out} = V^+ - 1.0V$		100		μA
MULTIPLEX INPUTS						
PINS 1,4,20,21						
input low voltage	V_{IL}				.8	V
input high voltage	V_{IH}	Referred to V^-	2.0			V
Input Resistance to V-	R	$V_{IN} = V^- + 1.0V$	100	200		kΩ
ICM7226B						
DIGIT DRIVER						
PINS 8,9,10,11,13,14,15,16						
low output current	I_{OL}	$V_{out} = V^- + 1.0V$	50	75		mA
high output current	I_{OH}	$V_{out} = V^+ - 2.5V$		100		μA
SEGMENT DRIVER						
PINS 22,23,24,26,27,28,29,30						
high output current	I_{OH}	$V_{out} = V^+ - 2.0V$	10	15		mA
leakage current	I_L	$V_{out} = V^-$			10	μA
MULTIPLEX INPUTS						
PINS 1,4,20,21						
input low voltage	V_{IL}				$V^+ - 2.0$	V
input high voltage	V_{IH}		$V^+ - .8$			V
input resistance to V^+	R	$V_{IN} = V^+ - 1.0V$	200	360		kΩ

KIT's MIT ICM 7226 AIDL

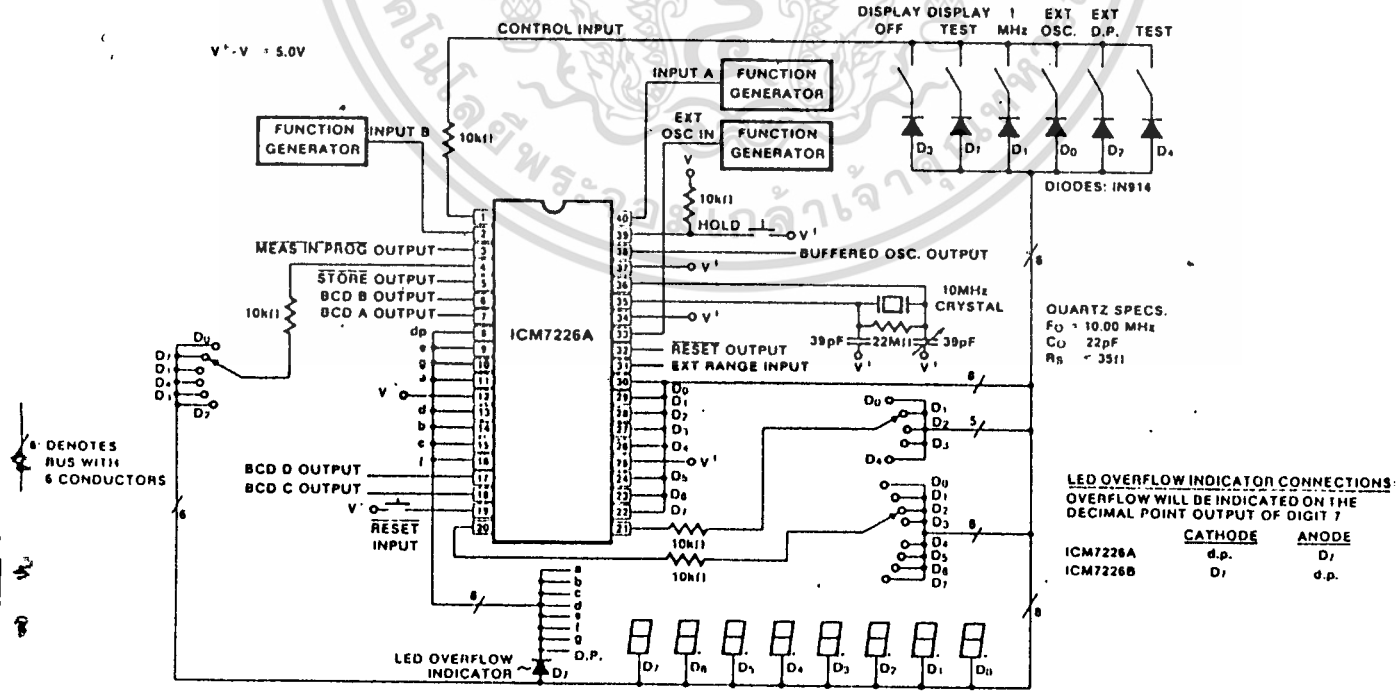
FU 7226 A	8 Dekaden Maximale Eingangsfrequenz 10 MHz	ICM 7226 AIDL, Quarz 10,000 MHz 8 Sieben-Segment-Anzeigen, Leiterplatte, Widerstände, Kondensatoren, Dioden, Schalter und IC-Sockel
FU 7226 B	8 Dekaden Maximale Eingangsfrequenz 40 MHz	ICM 7226 AIDL, Quarz 10,000 MHz 8 Sieben-Segment-Anzeigen, 2 Leiterplatten, TTL-IC's, C-MOS-IC's, Schalter, BNC-Buchsen, Widerstände, Kondensatoren, Transformator, Bauelemente für Netzteil, Gehäuse mit roter Plexiglasfrontplatte und Rückwand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BLOCK DIAGRAM



TEST CIRCUIT



620

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ANWENDUNGEN

Allgemeines

Eingange A und B
Die Eingange A und B sind digitale Eingange mit einer Schaltschwelle von 2,0 V bei einer Versorgungsspannung von + 5 V. Um optimale Bedingungen sicherzustellen, sollte das Eingangssignal so eingestellt werden, daß die Amplitude (Spitze-Spitze) mindestens 50 % der Versorgungsspannung beträgt und die „Null-Linie" bei der Schwellspannung liegt. Werden diese Eingänge von TTL-Schaltkreisen angesteuert, ist es zweckmäßig, einen „Pull-up"-Widerstand zur positiven Versorgungsspannung zu verwenden. Die Schaltung zählt die negativen Flanken an beiden Eingängen.

VORSICHT: Die Amplitude der Eingangsspannungen darf die Versorgungsspannung nicht überschreiten, die Schaltung kann dadurch zerstört werden.

Multiplex-Eingänge
Die Eingänge für Funktion, Meßbereich, Steuerung und externen Dezimalpunkt werden im Zeitmultiplex betrieben. Dies gechieht dadurch, daß der jeweilige Eingang mit dem entsprechenden Stellentreiberausgang verbunden wird.
Die Spannung an den Eingängen, Funktion, Meßbereich und Steuerung muß für die zweite Hälfte jedes Stellentreiberausgangs stabil anliegen (Typ 125usec.).
Der aktive Pegel an diesen Zugängen ist log "1" (Hoher Pegel) für die Version mit gemeinsamer Anode (ICM7226A) und log "0" (niedriger Pegel) für die Version mit gemeinsamer Kathode (ICM7226B).
Störspannungen an diesen Eingängen können zu Funktionsfehlern führen. Das gilt besonders bei der Betriebsart „Ereigniszählung", da hierbei Spannungsänderungen an den Stellentreibern kapazitiv über die LED-Dioden auf die Multiplex-Eingänge überkoppeln können. Um einen guten Störabstand zu erhalten, sollte man einen Widerstand von 10 k Ohm in Serie zu jedem Multiplex-Eingang schalten.

Tabelle 1 zeigt die Funktion dieser Eingänge und die Zuordnung der entsprechenden Stellentreiberausgänge.

TABELLE 1

	FUNCTION	DIGIT
FUNCTION INPUT PIN 4	Frequency	D_0
	Period	D_7
	Frequency Ratio	D_1
	Time Interval	D_4
	Unit Counter	D_3
	Oscillator Frequency	D_2
RANGE INPUT PIN 21	.01 Sec/1 Cycle	D_0
	.1 Sec/10 Cycles	D_1
	1 Sec/100 Cycles	D_2
	10 Sec/1k Cycles	D_3
External Range Input PIN 31	Enabled	D_4
CONTROL INPUT PIN 1	Blank Display	D_3&Hold
	Display Test	D_7
	1MHz Select	D_1
	External Oscillator Enable	D_0
	External Decimal Point Enable	D_2
	Test	D_4
EXTERNAL DECIMAL POINT INPUT, PIN 20	Decimal Point Is Output for Same Digit That is Connected to This Input	

Steuerfunktionen
Display Test — Alle Segmente und Dezimalpunkte sind eingeschaltet. Die Anzeige ist ausgeschaltet, wenn gleichzeitig „Display off" angelegt ist.

Display off — um diese Betriebsart einzustellen, ist es notwendig, den Stellentreiberausgang D3 auf den Steuereingang „Control" zu schalten und den Anschluß „Hold" auf V+ zu legen. Der Schaltkreis bleibt solange in dieser Betriebsart, bis „Hold" wieder auf V- gelegt wird.
Bei „Display off" sind die Stellen- und Segmenttreiber deaktiviert. Der Referenzoszillator läuft jedoch weiter. Der typische Versorgungsstrom ist 1,5mA mit einem Quarz von 10 MHz. Signale an den Multiplexeingängen haben keinen Einfluß. Eine neue Messung wird dann vorgenommen, wenn der Anschluß „Hold" an V- gelegt wird.

1 MHz Select — Diese Betriebsart erlaubt die Verwendung eines Quarzes von 1 MHz unter Beibehaltung der Multiplexfrequenz und des Zeitbedarfs für die Messungen — wie bei Verwendung eines 10 MHz-Quarzes. Bei Zeitintervall und Periodendauermessungen wird der Dezimalpunkt um eine Stelle nach rechts verschoben, da in diesem Fall die niederwertigste Stelle die Wertigkeit 1 usec besitzt.

External Oszillator Enable — In dieser Betriebsart wird anstelle des internen Oszillators ein externer Oszillator als Zeitbasis benutzt. Der interne Oszillator läuft weiter. Die Eingangsfrequenz des externen Oszillators muß größer als 100 KHz sein, da andernfalls der Schaltkreis automatisch den internen Oszillator wieder aktiviert.

External Decimal Point Enable — Wenn diese Betriebsart aktiviert ist, wird der Dezimalpunkt an der Stelle eingeblendet, die durch die Verbindung des entsprechenden Stellentreiberausgangs mit dem Anschluß „External Decimal Point" festgelegt ist. Die Nullunterdrukkung wird für alle nach dem Dezimalpunkt folgenden Stellen deaktiviert.

Test Mode — In dieser Betriebsart wird der Hauptzähler in Gruppen von jeweils 2 Stellen aufgeteilt. Diese Gruppen werden parallel getaktet. Der Referenzzähler wird so aufgeteilt, daß der Takt direkt in die zweite Dekade eingespeist wird (Torzeit 0,1 sec/10 Zyklen).
Der Zählerstand des Hauptzählers wird kontinuierlich ausgegeben.

Range Input — Der Meßbereich bestimmt, ob eine Messung über 1, 10, 100 oder 1000 Zählzyklen des Referenzzählers durchgeführt wird. Bei allen Betriebsarten mit Ausnahme der Ereigniszählung wird bei einer Änderung an diesem Eingang die gerade laufende Messung abgebrochen und eine neue Messung initialisiert. Dies verhindert eine fehlerhafte erste Messung nach der Änderung des Meßbereichs.
Function Input — Die sechs wählbaren Funktionen sind: Frequenz, Periodendauer, Zeitintervall, Ereigniszählung, Frequenzverhältnis und Oszillatorfrequenz.
Mit dieser Funktion wird festgelegt, welches Signal in den Hauptzähler und welches Signal in den Referenzzähler gezählt wird (Tab.2).

Bei der Zeitintervallmessung wird ein Flip-Flop mit der negativen Flanke an Eingang A gesetzt und darauf mit der negativen Flanke an Eingang B wieder zurückgesetzt. Nachdem das Flip-Flop gesetzt ist, wird der Takt des Referenzoszillators solange in den Hauptzähler gezählt, bis das Flip-Flop mit der negativen Flanke an B wieder zurückgesetzt wird. Ein Wechsel am „Function"-Eingang unterbricht die laufende Messung. Dies verhindert eine fehlerhafte erste Anzeige nach Änderung der Verhältnisse am „Function"-Eingang.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABELLE 2

DESCRIPTION	MAIN COUNTER	REFERENCE COUNTER
Frequency (F_A)	Input A	100Hz (Oscillator + 10^5 or 10^4)
Period (T_A)	Oscillator	Input A
Ratio (F_A/F_B)	Input A	Input B
Time Interval (A–B)	Osc•Time Interval FF	Time Interval FF
Unit Counter(Count A)	Input A	Not Applicable
Osc. Freq. (Fosc)	Oscillator	100Hz (Osc ÷ 10^5 or 10^4)

External Decimal Point Input — Dieser Eingang ist dann aktiv, wenn der externe Dezimalpunkt angewählt ist. Jede Stelle außer D7 kann hier angeschlossen werden, weil der Überlaufausgang mit D7 übersteuert wird und Nullen rechts vom Dezimalpunkt nicht unterdrückt werden.

„Hold" Input — Wenn dieser Eingang an V+ gelegt wird, wird die laufende Messung angehalten, der Hauptzähler wird zurückgesetzt und der Schaltkreis wird für eine neue Messung vorbereitet. Die Zwischenspeicher, die den Inhalt des Hauptzählers halten, werden nicht aufdatiert, so daß das Ergebnis der letzten vollständigen Messung dargestellt wird. Wird „Hold" an V- gelegt, wird eine neuen Messung gestartet.

Reset-Eingang — Dieser Eingang hat prinzipiell die gleiche Funktion wie der „Hold"-Eingang außer daß die Zwischenspeicher für den Hauptzähler aktiviert werden und sich somit eine Nullanzeige ergibt.

External Range Input — Dieser Eingang wird benutzt, um andere Meßbereiche als im Schaltkreis vorgesehen einzustellen. Abb. 4 zeigt die Taktbeziehung zwischen dem Ausgang „Measurement in Progress" und dem Eingang „External Range".

Abbildung 4: External Range Input und Measurement in Progress.

Measurement in Progess, Store und Reset-Ausgänge — Diese Ausgange sind vorgesehen, um die Darstellungslogik von Vorteilern anzusteuern. Abbildung 5 zeigt das Taktdiagramm dieser Ausgänge während der Pause zwischen den Messungen. Alle drei Ausgänge sind in der Lage, eine TTL-LS-Last zu treiben. Der Ausgang „Measurement in Progress" kann direkt eine ECL-Last treiben, wenn der ECL-Schaltkreis an derselben Spannungsversorgung wie der ICM7226 betrieben wird.

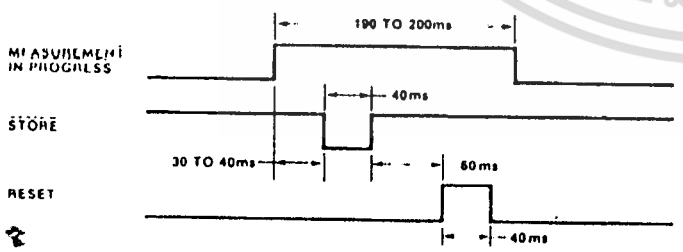


Abbildung 5: „Reset", „Store" und „Measurement in Progress" während der Pause zwischen den Messungen.

BCD-Ausgänge — Die Stellung jeder Zählstufe wird in BCD-Kodierung an den BCD-Ausgängen ausgegeben. Die Vornullenunterdrückung hat keinen Einfluß auf die BCD-Ausgänge. Jeder dieser Ausgänge treibt eine TTL-Last. Tabelle 3 zeigt die Wahrheitstabelle für diese Ausgänge.

TABELLE 3 Truth Table BCD Outputs

NUMBER	D PIN 7	C PIN 6	B PIN 17	A PIN 18
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Buffered Oscillator Output — Dieser Anschluß ist vorgesehen, um den internen Oszillator benutzen zu können, ohne ihn zu belasten. Der Ausgang treibt eine TTL-LS-Last. Es sollte auf eine minimale kapazitive Belastung dieses Anschlusses geachtet werden.

Anzeige

Die Anzeige wird mit einer Multiplex-Frequenz von 500 Hz und einer „Digit"-Zeit von 224 µsec betrieben. Zwischen der Ansteuerung nebeneinanderliegender Stellen wird eine Austastzeit von 6 µsec eingefügt, um den „Ghosting"-Effekt zwischen den Stellen zu vermeiden. Die Unterdrückung voreilender Nullen und der Dezimalpunkt sind für rechtsorientierte Anzeigen ausgelegt. Nullen, die rechts vom Dezimalpunkt stehen, werden nicht unterdrückt. Außerdem wird die Nullenunterdrückung nicht aktiviert, wenn der Hauptzähler überläuft.

Die Version ICM7226A steuert LED-Anzeigen mit gemeinsamer Anode an (Segmentspitzenstrom 25mA) bei einer Anzeige mit Vf = 1,8 V bei 25 mA. Der mittlere Segmentstrom liegt unter diesen Bedingungen über 3 mA.

Die Version ICM7226B ist für Anzeigen mit gemeinsamer Kathode ausgelegt (Segmentspitzenstrom 15mA) bei einer Anzeige mit Vf = 1,8 V bei 15mA.

Die Verwendung von Anzeigen mit sehr hohem Wirkungsgrad können — wenn notwendig — Widerstände in Serie zu den Segmenttreibern geschaltet werden. Die Abbildung 6, 7, 8 und 9 zeigen den Stellen- und Segmentstrom als Funktion der Ausgangsspannung.

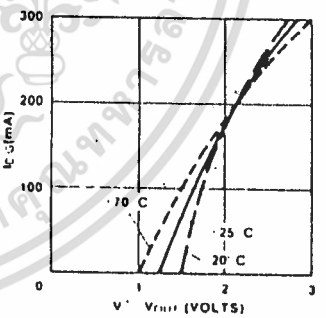


Abb. 6: ICM7226A Typical I_{DIG} Vs. V'-V_{out} $4.5 \le V'-V \le 6.0V$

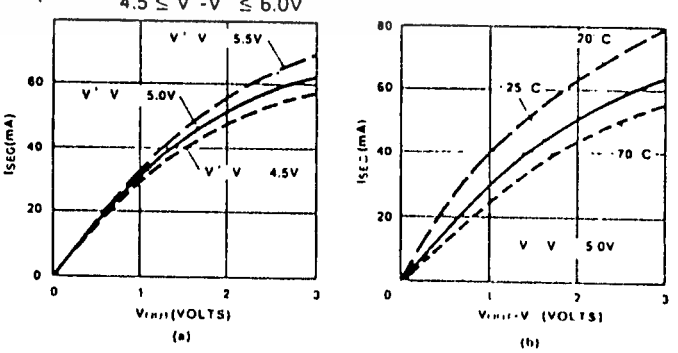


Abb. 7: ICM7226A Typical I_{SEG} Vs. V_{out}-V'

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

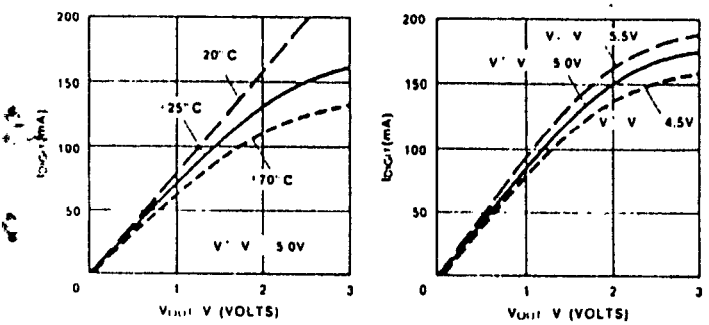


Abb. 8: ICM7226B Typical I_{DIGIT} Vs. V_{OUT}-V+

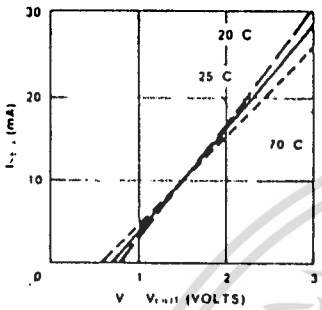
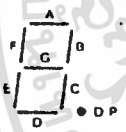


Abb. 9: ICM7226B Typical I_{SEG} Vs. V+-V_{out} 4.5V < V+ V < 6.0V

Zur Erzielung größerer Helligkeit kann V+ bis auf 6 V erhöht werden. Dabei muß man jedoch äußerste Vorsicht walten lassen, um die maximale Verlustleistung nicht zu überschreiten.
Die Treiberausgänge des ICM7226 für Segmente und Stellen sind nicht direkt kompatibel mit TTL- oder CMOS-Logik. Aus diesem Grund kann eine Pegelanpassung mit diskreten Transistoren notwendig werden.



GENAUIGKEIT

Bei einem universellen Zähler führen Drift des Referenzoszillators (Quarz) und Quantisierungseffekte zu Fehlern. In den Betriebsarten Frequenzmessung, Periodendauermessung und Zeitintervallmessung wird ein von diesem Referenztakt abgeleitetes Signal entweder als Takt für den Referenzzähler oder für den Hauptzähler benutzt. Daher ergibt sich durch eine Frequenzabweichung des Referenztaktes eine identische Abweichung der Messung. Ein Oszillator, der einen Temperaturkoeffizienten von 20ppm/oC aufweist, führt ebenfalls zu einem Meßfehler von 20ppm/oC.
Zusätzlich ist der „systeminhärente" Quantisierungsfehler eines digitalen Meßsystems von ± 1 vorhanden. Es ist offensichtlich, daß dieser Fehler durch Verwendung zusätzlicher Stellen verringert werden kann.
Bei Frequenzmessungen erhält man die höchste Genauigkeit bei Eingangssignalen mit hoher Frequenz. Bei Periodendauermessungen ist die Meßgenauigkeit bei niedrigen Eingangsfrequenzen am höchsten. Aus der Abbildung 10 kann man den „Kreuzungspunkt" zwischen Periodendauergenauigkeit und Frequenzgenauigkeit bei 10 KHz ablesen (1 Zyklus oder 10 sec. Torzeit). Bei Zeitintervallmessungen kann ein Fehler von 1 LSD pro Intervall auftreten. Daraus ergibt sich, daß dieselbe „inhärente" Genauigkeit in allen Bereichen vorhanden ist (Abb. 11).

Bei Frequenzverhältnismessungen kann man durch Mittelwertbildung über mehrere Zyklen des an B anliegenden Signals eine größere Genauigkeit erzielen (Abbildung 12).

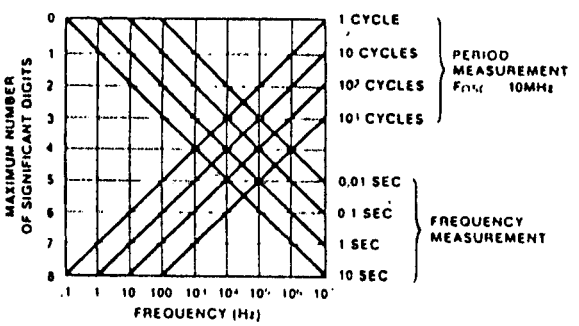


Abb. 10: Maximum Accuracy of Frequency and Period Measurements Due to Limitations of Quantization Errors.

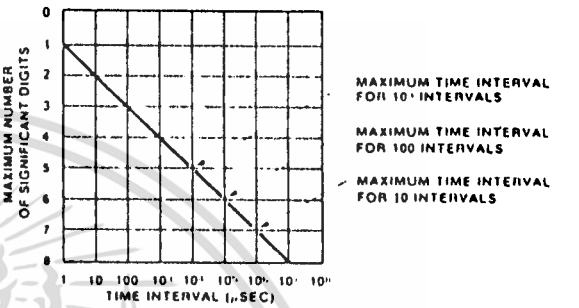


Abb. 11: Maximum Accuracy of Time Interval Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

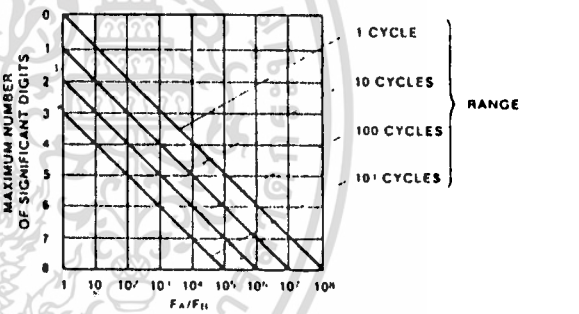


Abb. 12: Maximum Accuracy for Frequency Ratio Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

ANWENDUNG DER SCHALTUNG

Der ICM7226 ist in einem weiten Anwendungsbereich als Universalzähler und Frequenzzähler einsetzbar. In vielen Fällen wird man Vorteilerschaltungen benutzen, um das Eingangssignal für den ICM7226 auf unter 10 MHz herunterzuteilen.
Da die Eingänge A und B als digitale Eingänge ausgelegt sind, muß man häufig zusätzliche Beschaltung für Pufferung des Eingangssignals, Verstärkung, Hysterese und Pegelverschiebung vorsehen. Der Aufwand hierfür hängt sehr stark von der Empfindsamkeit der Eingangsschaltung ab.

Der ICM7226 kann zum Aufbau eines universellen Zählers mit sehr wenig externen Bauelementen, wie in Abb. 13 dargestellt, verwendet werden. Die maximale Frequenz dieser Schaltung liegt bei 10 MHz für Eingang A und bei 2 MHz für Eingang B.

Für Eingangsfrequenzen bis 40 MHz kann für einen Frequenzzähler die Schaltung der Abb. 14 benutzt werden. Um den richtigen Meßwert zu erhalten, ist es notwendig, die Frequenz des Referenzoszillators um den Faktor 4 zu teilen, da auch die Frequenz des Eingangssignals durch diesen Faktor geteilt wird. Durch diese Teilung wird auch die „Pausenzeit" zwischen den Messungen auf 800 msec verlängert und die Multiplexfrequenz der Anzeige auf 125 Hz reduziert.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wird die Eingangsfrequenz eines Meßsystems durch den Faktor 10 geteilt, kann die Referenzoszillatorfrequenz bei 10 MHz oder 1 MHz bleiben. Jedoch muß der Dezimalpunkt um eine Stelle nach rechts verschoben werden. Abb. 15 zeigt einen Zähler mit einem Vorteiler (Faktor 10) und einem ICM7226A.

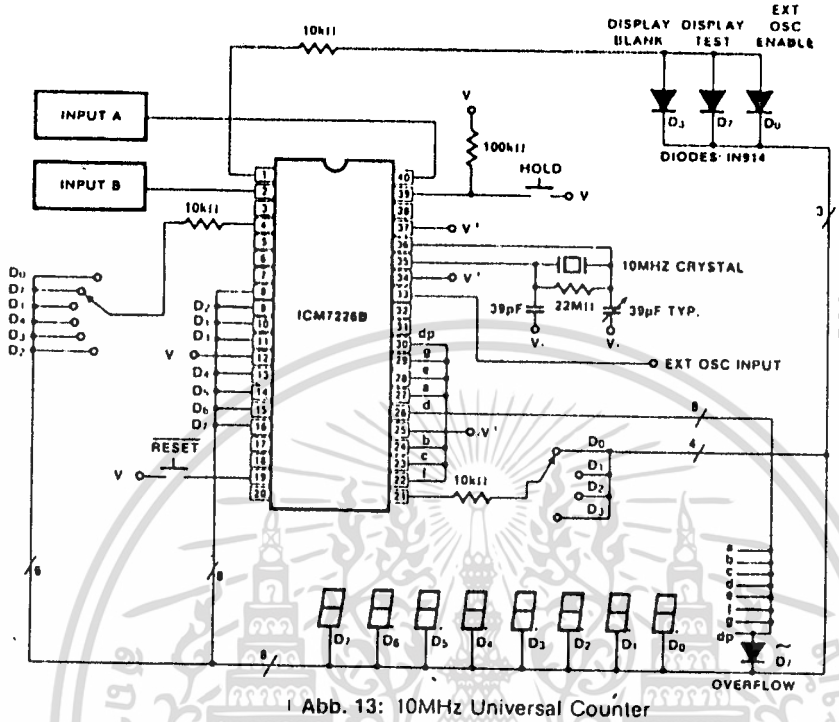
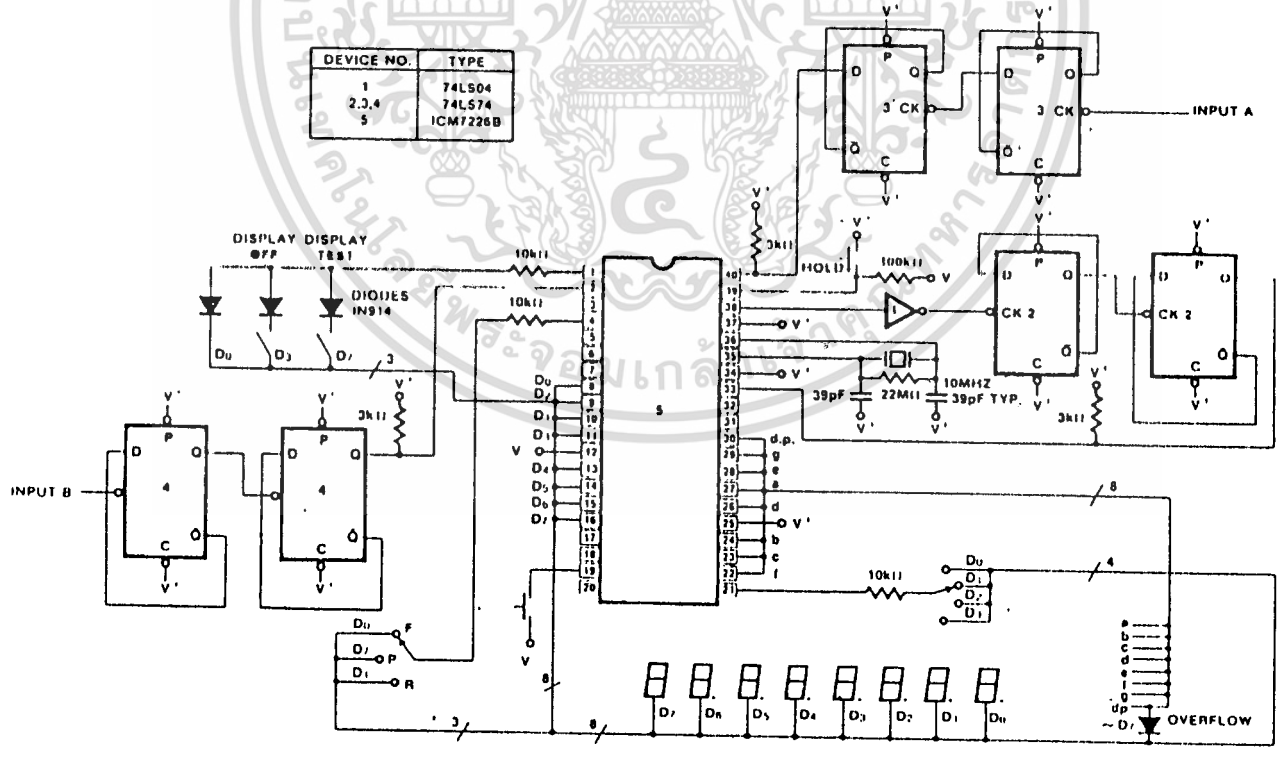


Abb. 13: 10MHz Universal Counter

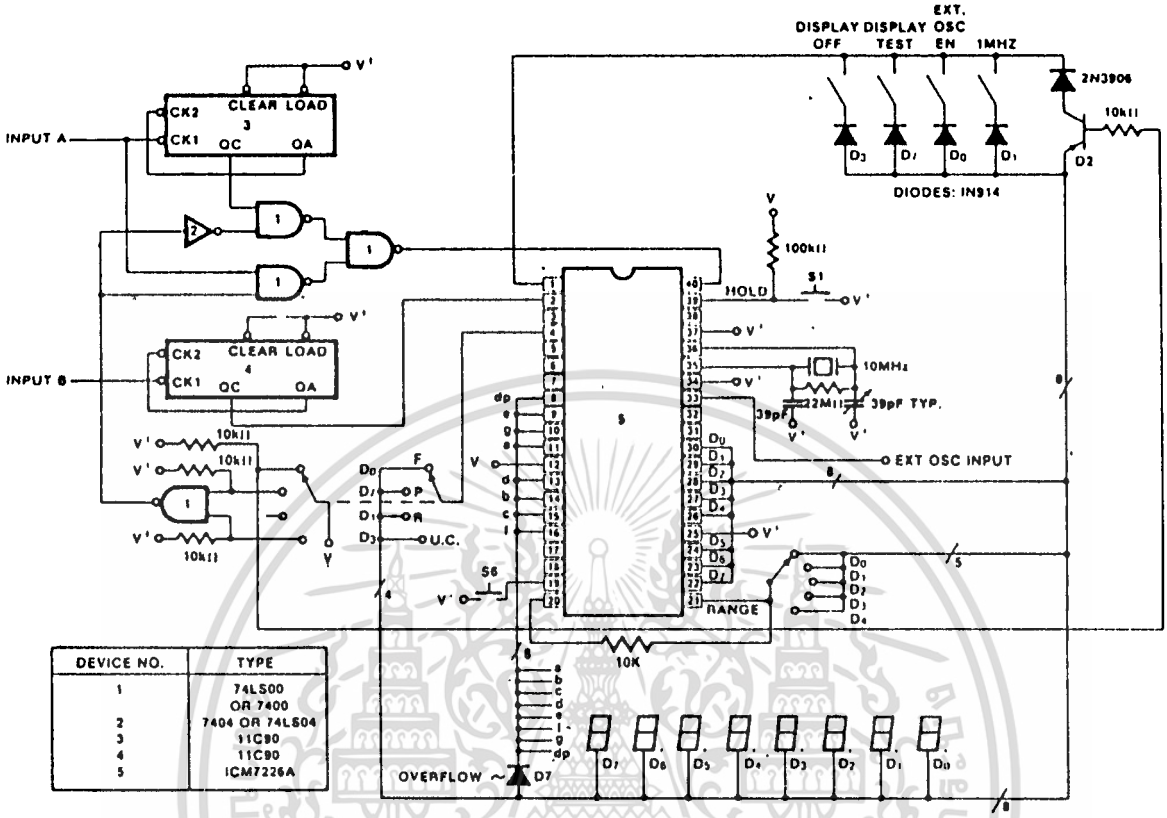


Notes: 1) If a 2.5MHz crystal is used then diode D1 and I.C's 1 and 2 can be eliminated.

Abb. 14: 40MHz Frequency, Period Counter

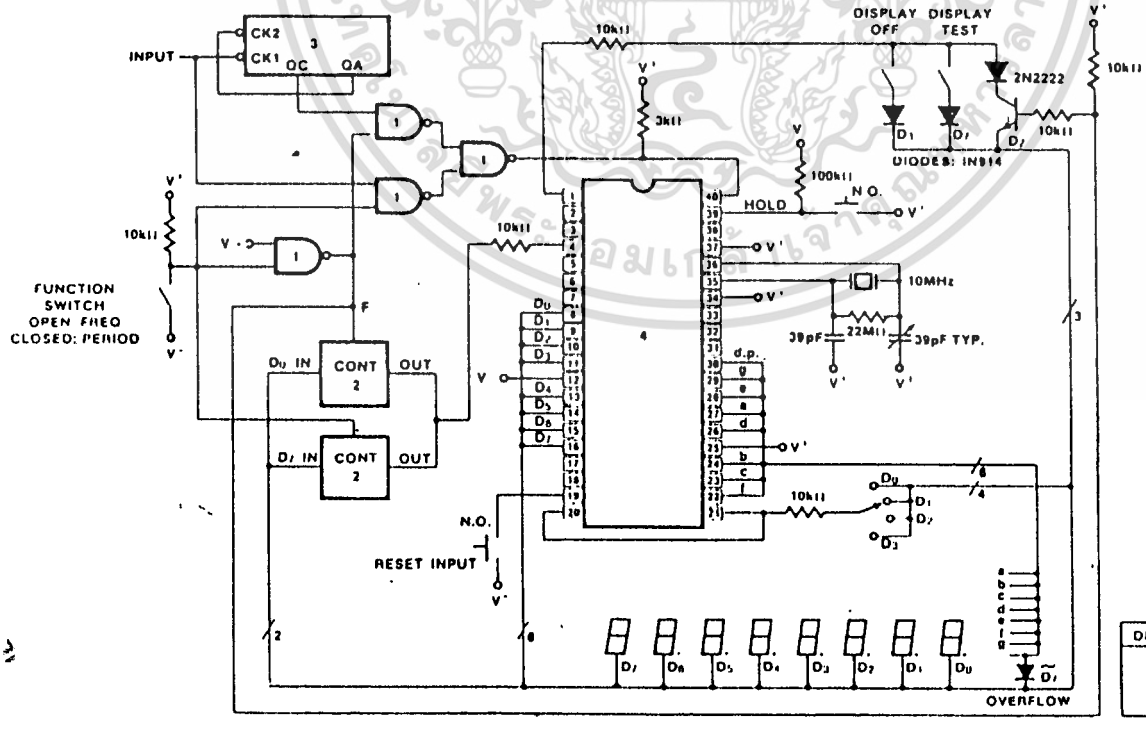
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

In der Schaltung nach Abb. 16 ist eine zusätzliche Beschaltung realisiert, um zur Erzielung der besten Genauigkeit die Periodendauer des Eingangssignals messen zu können. (Schalter „Function Switch"). In den Schaltungen der Abb. 15 und 16 wird das Eingangssignal für Eingang A des Zählers vom Ausgang Qc des Vorteilers abgegriffen, um ein Tastverhältnis von 40 % oder mehr zu erhalten. Wenn das Tastverhältnis an Eingang A zu klein wird, muß man unter Umständen einen monostabilen Multivibrator oder eine ähnliche Schaltung einsetzen, um eine minimale Pulslänge von 50 nsec sicherzustellen.



DEVICE NO.	TYPE
1	74LS00 OR 7400
2	7404 OR 74LS04
3	11C90
4	11C90
5	ICM7226A

Abb. 15: 100MHz Multi Function Counter



DEVICE NO.	TYPE
1	7400 OR 74LS00
2	CD4018
3	11C90
4	ICM7226B

Abb. 16: 100MHz Frequency Period Counter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abbildung 16 zeigt die Anwendung von Multiplexern des Typs CD4016 um die digitalen Stellenausgänge auf den Eingang „Function" zu schalten. Da der CD4016 ein digital gesteuerter Analogmultiplexer ist, ist keine Pegelverschiebung der Stellentreiber-Ausgänge notwendig. Anstelle des CD4016 können auch Multiplexer des Typs CD4051/CD4052 verwendet werden. Diese Analogmultiplexer können auch in Systemen benutzt werden, bei denen die Betriebsart von einem Mikroprozessor anstelle von Schaltern angewählt wird. Bei Verwendung zusätzlicher Elemente zur Pegelanpassung der Stellentreiberausgangspegel in TTL-Pegel können auch TTL-Multiplexer wie 74153 oder 74251 verwendet werden.

Soll die Vorteilerinformation dargestellt werden, können die drei Ausgänge „Measurement in Progress", „Store" und „Reset" zur Steuerung des Vorteilers und Speicherung der Daten benutzt werden. Beachten Sie, daß in der Schaltung der Abbildung 17 der Ausgang des IC7 mit einem NAND-Gatter dekoriert worden ist, um ein Tastverhältnis von 40 % sicherzustellen. .

Um einen universellen Zähler mit Vorteiler und Anzeige der Vorteilerstellen aufzubauen, müssen — wie in Abb. 18 dargestellt — erheblich mehr externe Komponenten verwendet werden. Alle dargestellten Schaltungen steuern direkt 7-Segment-LED-Anzeigen im Multiplex an. Die bei diesem Schaltkreis vorhandenen BCD-Ausgänge ermöglichen zusammen mit externer Logik jedoch auch die Ansteuerung anderer Anzeigentypen.

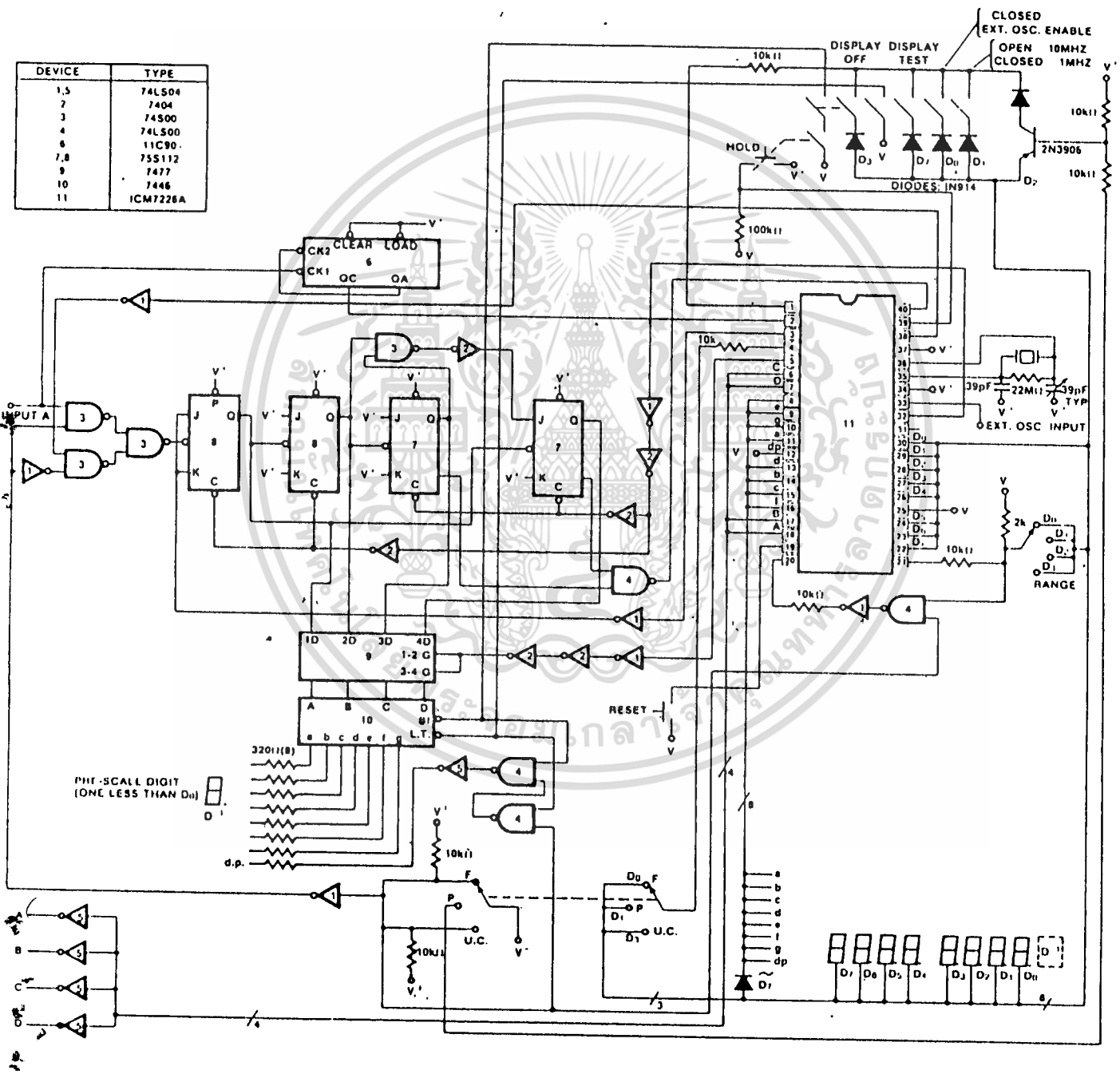


Abb. 17: 9 Digit Multi Function Counter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEV #	TYPE
1,2,5	74LS04 OR CD4049
3,9	74S04
4	74LS10
6,7,10	74S00
8	74S10
11	74LS80
12,13,14	74S112 OR 74S114
15	7477
16	7446
17	ICM7226A

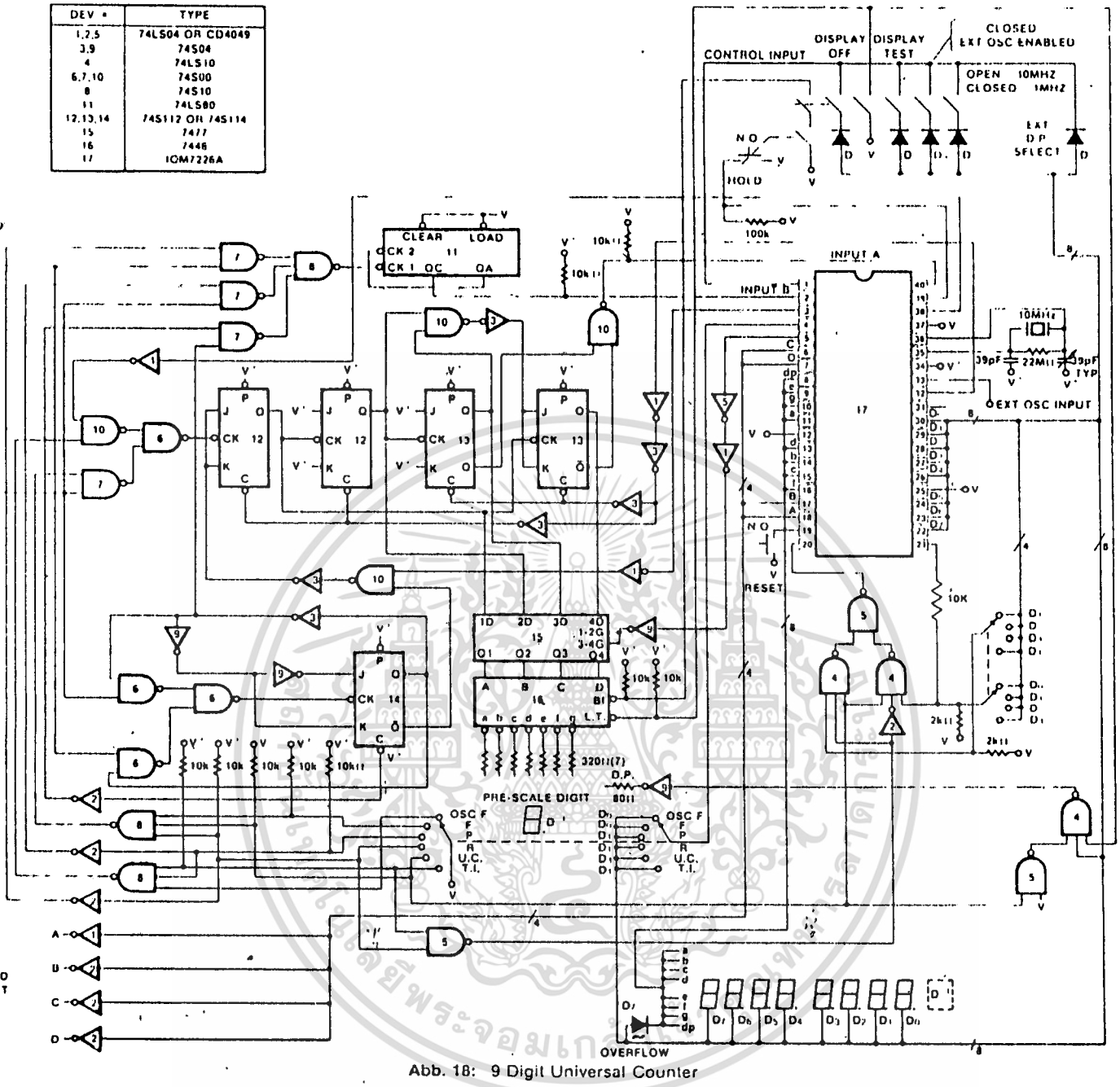
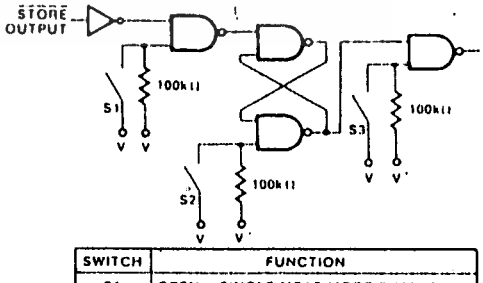


Abb. 18: 9 Digit Universal Counter

Die Schaltung der Abb. 19 kann bei allen dargestellten Anwendungen dazu benutzt werden, eine einzelne Messung durchzuführen. Diese Schaltung benutzt den Ausgang „Store", um den ICM7226 in den „HOLD"-Zustand zu bringen. Der „HOLD"-Eingang kann darüberhinaus dazu benutzt werden, die Zeit zwischen den Messungen zu verkürzen. Die Schaltung der Abbildung 20 speist kurze Zeit nach der negativen Flanke einen kurzen Puls in den „HOLD"-Eingang ein. Eine neue Messung wird nach Ende dieses Pulses an „HOLD" gestartet. Dadurch wird die „Pausenzeit" von ca. 200 msec auf ca. 40 msec reduziert.

Die Benutzung der Schaltung nach Abb. 20 in der Konfiguration der Abb. 14 reduziert die Zeit zwischen den Messungen von 800 msec auf 160 msec.



SWITCH	FUNCTION
S1	OPEN SINGLE MEAS MODE ENABLED
S2	CLOSED INITIATE NEW MEASUREMENT
S3	CLOSED HOLD INPUT

Abb. 19: Single Measurement Circuit for Use With ICM7226

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

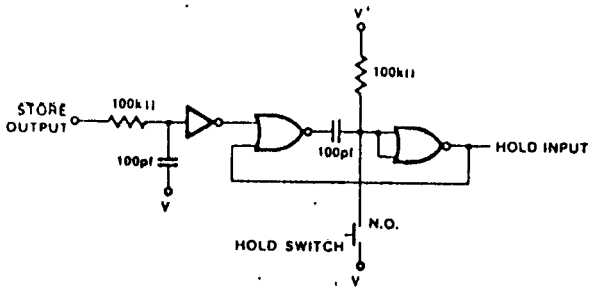


Abb. 20: Circuit for Reducing Time Between Measurements

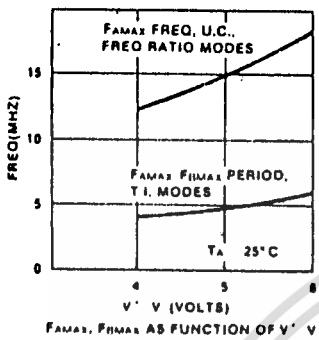


Abb. 21: Typical Operating Characteristics

BETRACHTUNGEN ZUM REFERENZOSZILLATOR

Der Oszillator ist als FET-Invertierstufe mit hoher Verstärkung realisiert. Ein externer Widerstand zwischen 10 MOhm und 22 MOhm sollte zur Arbeitspunkteinstellung zwischen Eingang und Ausgang geschaltet werden. Der Oszillator ist so ausgelegt, daß er mit einem 10 MHz-Quarz in Parallelresonanz mit einer statischen Kapazität von 22 pF und einem Serienwiderstand von weniger als 35 Ohm arbeitet.

Für einen speziellen Quarz mit einer Lastkapazität kann die benötigte Transkonduktanz gm wie folgt berechnet werden.

$$g_m = \omega^2 \, C_{in} \, C_{out} \, R_s \left(1 + \frac{C_o}{C_L}\right)^2$$

mit $$C_L = \left(\frac{C_{in} C_{out}}{C_{in} + C_{out}}\right)$$

C_o = statische Quarzkapazität
R_s = Serienwiderstand des Quarzes
C_{IN} = Eingangskapazität
C_{out} = Ausgangskapazjtät
$\omega = 2\pi f$

Die erforderliche Transkonduktanz gm sollte um mindestens 50 % größer sein als das für den ICM7216 spezifierte minimale gm, um ein sicheres Anschwingen zu gewährleisten. Die Kapazität der Ein- und Ausgangsanschlüsse des Oszillators kann zu 5 pF angenommen werden. Die Kapazität für Cin und Cout sollten für optimale Frequenzstabilität mindestens doppelt so groß wie die spezifisierte Quarzkapazität gewählt werden.

In den Fällen, in denen nichtdekadische Vorteiler verwendet werden, kann ein Quarz mit einer Frequenz, die weder 1 MHz noch 10 MHz beträgt, notwendig werden. In diesem Fall ändert sich die Multiplexfrequenz der Anzeige und die „Pausenzeit" zwischen den Messungen. Die Multiplexfrequenz ist f_{max}

$\frac{fosc}{2x104}$ bei Betriebsart „10 MHz" oder

$\frac{fosc}{2x103}$ bei Betriebsart „1 MHz"

Die „Pausenzeit" zwischen den Messungen ist

$\frac{2x10^6}{fosc}$ in Betriebsart „10 MHz".

und

$\frac{2x10^5}{fosc}$ in Betriebsart „1 MHz".

Der Quarz und die Bauelemente des Oszillators sollten so nah wie möglich am Schaltkreis aufgebaut werden, um die Überkopplung von anderen Signalen in diesen Schaltungsteil so gering wie möglich zu halten. Überkopplungen vom Eingang des externen Oszillators auf den Eingang oder Ausgang des Referenzoszillators können zu unerwünschten Frequenzverschiebungen führen

Um die Überkopplung so gering wie möglich zu halten, sollten die Anschlüsse 34 und 37 auf V+ oder V- gehalten werden.

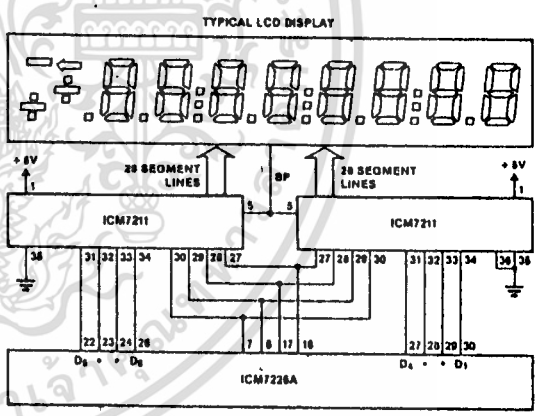
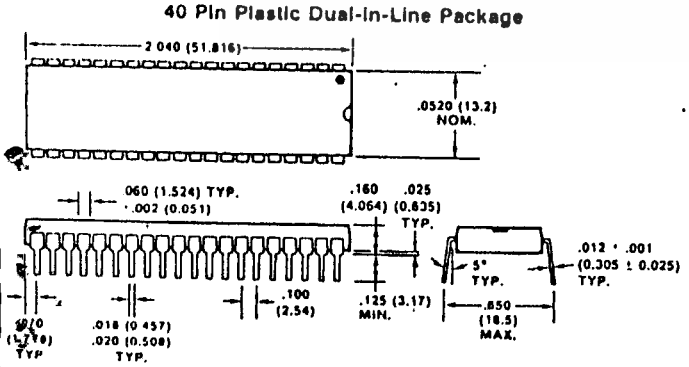


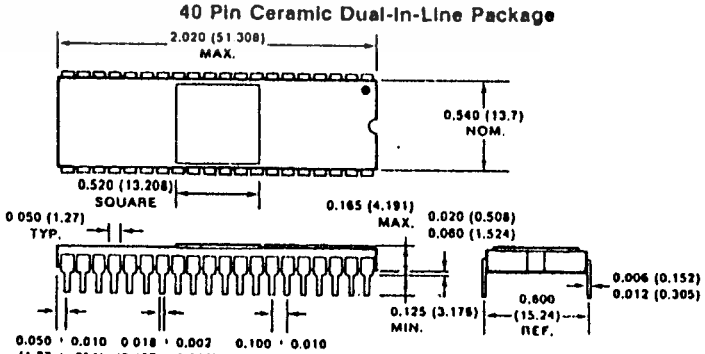
Figure 20: 10MHz Universal Counter System with LCD Display

GEHÄUSE-ABMESSUNGEN

40 Pin Plastic Dual-In-Line Package



40 Pin Ceramic Dual-In-Line Package



Intersil cannot assume responsibility for use of any circuitry described other than circuitry entirely embodied in an Intersil product. No other circuit patent licenses are implied. Intersil reserves the right to change the circuitry and specifications without notice at any time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

Project นี้สำเร็จลงได้ด้วยได้รับคำแนะนำตลอดจนความช่วยเหลืออย่างดีจากอาจารย์ ภากรณ์ หุตะสังกาศ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาและขอขอบคุณบริษัท อาณาตรอน จำกัด กับบริษัท CEW ที่ให้คำปรึกษาเกี่ยวกับไอซีความถี่สูง และไอซี ICM 7226 A/B จนสามารถมีความเข้าใจดี ทางผู้จัดทำขอขอบคุณท่านเป็นอย่างสูง

ธงชัย ชาญชัยภักดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ประกิต อ่องสร้อย "การใช้ออสซิลโลสโคป" โรงพิมพ์จักรานุกลการพิมพ์ฯ กรุงเทพฯ 2517
2. ประกิต อ่องสร้อย "วงจรอินทีเกรท" วารสารไฟฟ้า-อิเล็คโทรนิคส์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 6 กุมภาพันธ์ 2517
3. ยุทธศักดิ์ อริยกุลนิมิตร, พรชัย รอดรักษา "Frequency Meter" พระจอมเกล้า ลาดกระบัง นิทรรศน์ โรงพิมพ์วิทยากร กรุงเทพฯ 2519
4. "เครื่องวัดความถี่" เทคโนโทรนิคส์ ปีที่ 1 เล่มที่ 8 2519
5. วิบูลย์ศักดิ์ อุดมวนิช "เครื่องนับความถี่ 2 MHz เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิคส์ ปีที่ 3 ฉบับที่ 4 มีนาคม 2521
6. สุจินต์ วัฒนพิทักษ์พงศ์ "เครื่องนับความถี่ 10 MHz สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขต พระนครเหนือ
7. อานัติ พงษ์สุทธิรักษ์ "ปรีสเกลเลอร์ 650 MHz ใช้ MMIC" เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิคส์ ฉบับที่ 100 ประจำเดือนมิถุนายน-กรกฎาคม 2533
8. "ไอซีน่าสนใจ" เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิคส์ ฉบับที่ 93 ประจำเดือน กรกฎาคม 2532
9. ณรงค์ ย่างสกุล "เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับเครื่องวัดความถี่" เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็คทรอนิคส์ ฉบับที่ 104 ประจำเดือนมกราคม-กุมภาพันธ์ 2534
10. Linear Application Volume 2; 1976 National Seniconductor Corp.
11. Jim Colburn and Buill Owen, Build one of these "600-MHz Portable Frequency Counter" Radio-Electronics January 1979.
12. Robert C. Genn, Jr., Practical Handbook of Low-Cost Electronic Test Equipment, Parker Publishing Company, Inc., West Nyack N.Y., C 1979

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. M Icolay, B.A. and D. whit field, B.A. A low-cost Digital Frequency Meter mesurement to 200 MHz with 1 KHz resolution wireless world January 1979

14. Frequency Counter 10 MHz form Practical Electronic February 1981

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้