



เลขหมั่ T 33082 ด 4  
เลขทะเบียน 027915  
วัน, เดือน, ปี ๗ ต.ค. ๖๓

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำ (๒๖๗๙๑)

ปริญญานิพนธ์ ปีการศึกษา 2533

ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
เรื่อง เครื่องวัดความถี่ 100 เมกกะเฮิรตซ์

ผู้จัดทำ

1. นาย อรรถชัย จันทน์โพธิ์ศรี

2. นาย โอภาส โชติพงศ์สันต์



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

( ผศ. วิชัย สรพัฒน์ )

.....กรรมการ

( อ. ประดิษฐ์ วัชรนิบลย์ )

.....กรรมการ

( ดร. ไพศาล นาคินวัฒน์ )

.....กรรมการ

( อ. อุตัย ศรีธีระวิโรจน์ )

### บทคัดย่อ

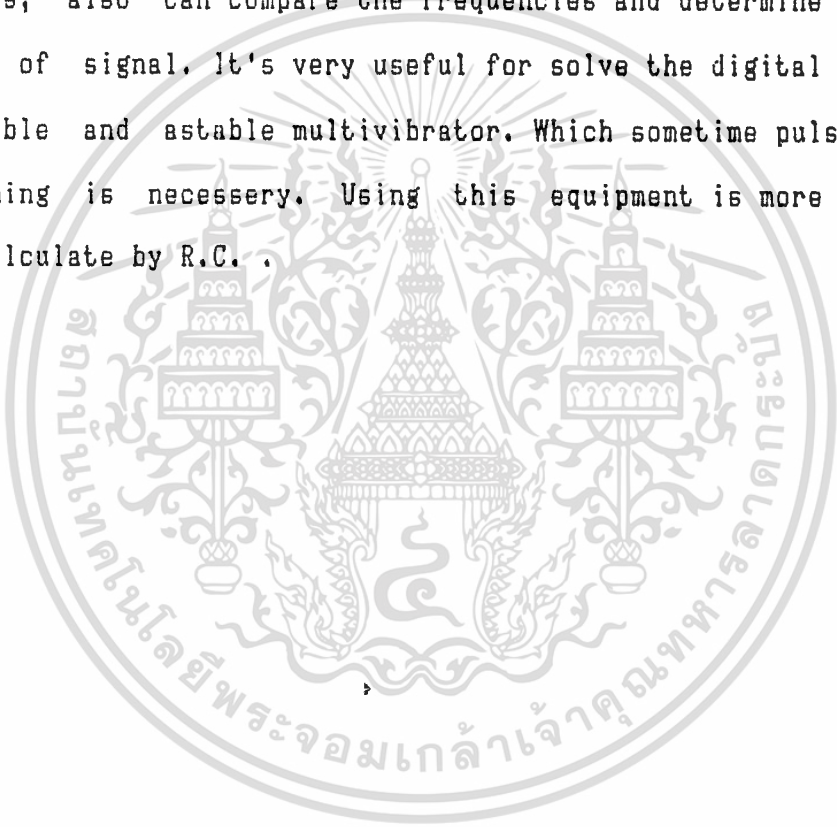
ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เรียบเรียงขึ้นจากผลงานที่ได้จากการประดิษฐ์เครื่องวัดความถี่ 100 เมกกะเฮิรซ์ ซึ่งสามารถวัดความถี่ได้ตั้งแต่ 0 ถึง 100 เมกกะเฮิรซ์ แสดงผลด้วย แอลอีดี เจ็ดส่วน 8 ตัว โดยมีวัตถุประสงค์พัฒนาเครื่องวัดความถี่ให้สามารถวัดความถี่สูงๆได้ เพื่อสามารถวิเคราะห์สัญญาณที่นำมาวัดได้ดียิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถเปรียบเทียบความถี่ 2 ความถี่ และหาคาบเวลาได้ด้วย ซึ่งเป็นการสะดวกใช้ในห้องทดลองสำหรับนักอิเล็กทรอนิกส์ เช่นในวงจร ดิจิตอล วงจรโมโนสเตเบิลหรืออะสเตเบิล มัลติไวเบรเตอร์ อาจมีความจำเป็นที่ต้องการทราบ เวลาของพัลส์หรือสัญญาณนาฬิกาที่แน่นอนกว่าการคำนวณจากค่าของ อาร์-ซี



## ABSTRACT

This thesis is arranged from crating FREQUENCY COUNTER 100 MHz . The ability of this FREQUENCY COUNTER is able to measure frequency from 0-100 MHz display by LED'7 segments 8 digits.

The purpose of develop FREQUENCY COUNTER for measuring high frequency, this equipment is convenience for signaling analysis, also can compare the frequencies and determine the time period of signal. It's very useful for solve the digital circuit, monostable and estable multivibrator. Which sometime pulse period or timing is nessery. Using this equipment is more accuracy than calculate by R.C. .



## บทที่ 1

### บทนำ

โครงการนี้เป็นการสร้างเครื่องมือวัดขึ้นใช้ในห้องทดลอง ซึ่งมียารละเอียดและ  
ขีดความสามารถดังนี้

- ภาคแสดงผลแบบมัลติเพล็กซ์ด้วยตัวเลข 8 หลัก
- ฐานเวลา : คริสตอล ขนาด 10 เมกกะเฮิรตซ์
- สามารถวัดความถี่ ตั้งแต่ 0 - 100 เมกกะเฮิรตซ์
- สามารถเปรียบเทียบความถี่เป็นอัตราส่วน ( $f_A / f_B$ )
- สามารถวัดคาบเวลาของความถี่ที่วัดได้จาก 0.5 ไมโครเซกซ์ ถึง 10 เซกซ์
- สามารถเปรียบเทียบคาบเวลาเป็นอัตราส่วน ( $f_A / f_B$ )
- เป็นวงจรนับแบบเคาท์เตอร์ได้จาก 0 - 10 ล้าน
- สามารถทดสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ตัวเองได้
- สามารถโฮลดาต้าได้

## บทที่ 2

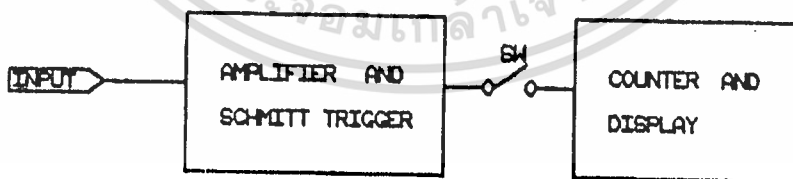
### ทฤษฎีในการวัดความถี่แสดงผลเป็นตัวเลข

คำจำกัดความของ "ความถี่" หรือ "รอบ/วินาที" (cycle per second) หมายถึง จำนวนครั้งของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในช่วงเวลา 1 วินาที ความถี่ 1 เฮิรซ์ จึงหมายถึงการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ แล้วกลับมาที่ตำแหน่งเดิมอีก ครบ 1 รอบพอดีในเวลา 1 วินาที

เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ของความถี่ของสัญญาณ กับ เวลา ได้ดังนี้คือ

$$\text{ความถี่ของสัญญาณ} = \frac{\text{จำนวนลูกคลื่น}}{\text{เวลา}}$$

หลักการพื้นฐานในการนับความถี่เป็นตัวเลขคือ การป้อนสัญญาณอินพุตที่ได้รับ การขยายสัญญาณและจัดรูปคลื่นให้พอเหมาะสมแล้ว เข้าไปยังวงจรรนับโดยการป้อนด้วย เวลาที่เป็นมาตรฐาน เช่น 1 วินาที, 0.1 วินาที, 0.01 วินาที เป็นต้น เราก็สามารถทราบจำนวนลูกคลื่นของสัญญาณอินพุตใน 1 หน่วยเวลา ซึ่งเมื่อนำมาเทียบเป็น จำนวนลูกคลื่นใน 1 วินาที ก็จะเป็นความถี่ของสัญญาณที่นำมาวัด ซึ่งสามารถเขียนเป็นบล็อก ดังรูปที่ 2-1



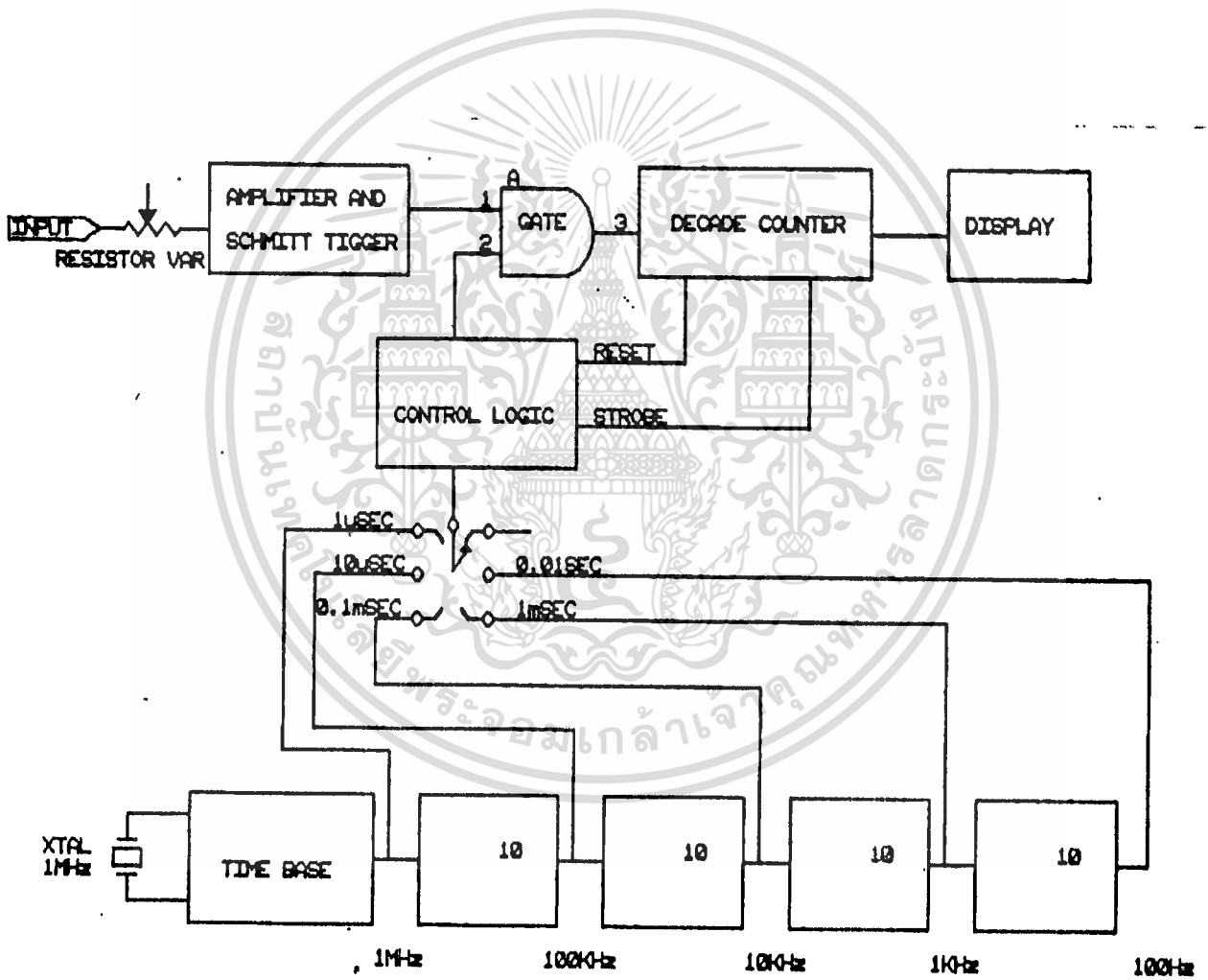
รูปที่ 2-1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดความถี่อย่างง่าย

จากบล็อกไดอะแกรมข้างบนนี้ใช้สวิตช์เป็นตัวป้อนสัญญาณที่ถูกจัดรูปคลื่นแล้ว เข้าสู่วงจรรนับ และแสดงผล และจะต้องเปิดปิดด้วยช่วงเวลาคงที่ แต่เราไม่อาจหาสวิตช์ที่เปิดปิดได้ด้วย ช่วงเวลาที่คงที่ได้ ดังนั้นจึงหันมาใช้เกตแทนสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้เกตแทนสวิทช์นั้นจะต้องมีสัญญาณที่มีคาบเวลาที่คงที่มาเป็นตัวเปิดปิดเกต ด้วยเหตุนี้ จึงต้องมีวงจรสร้างความถี่มาตรฐาน แล้วนำมาหารให้มีความต่ำลง เพื่อใช้เป็นตัวควบคุมการเปิดปิดของเกต และที่เอาท์พุทของเกตจะเป็นผลคูณของสัญญาณความถี่มาตรฐานกับสัญญาณอินพุทที่ได้รับการจัดรูปคลื่นแล้วป้อนเข้าสู่วงจรรีบและแสดงผล แต่ความถี่ที่ทำการวัดอาจมีการเปลี่ยนแปลงไปได้ และเพื่อให้การทำงานของเครื่องมีการนับอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นจึงต้องมีสัญญาณจากวงจรรีบควบคุมเกต ที่ทำงานด้วยสัญญาณจากวงจรรีบสร้างความถี่มาตรฐานทำการควบคุมการนับและแสดงผล



รูปที่ 2-2 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดความถี่

จากบล็อกไดอะแกรมข้างบน สามารถอธิบายหน้าที่ของส่วนต่างๆได้คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

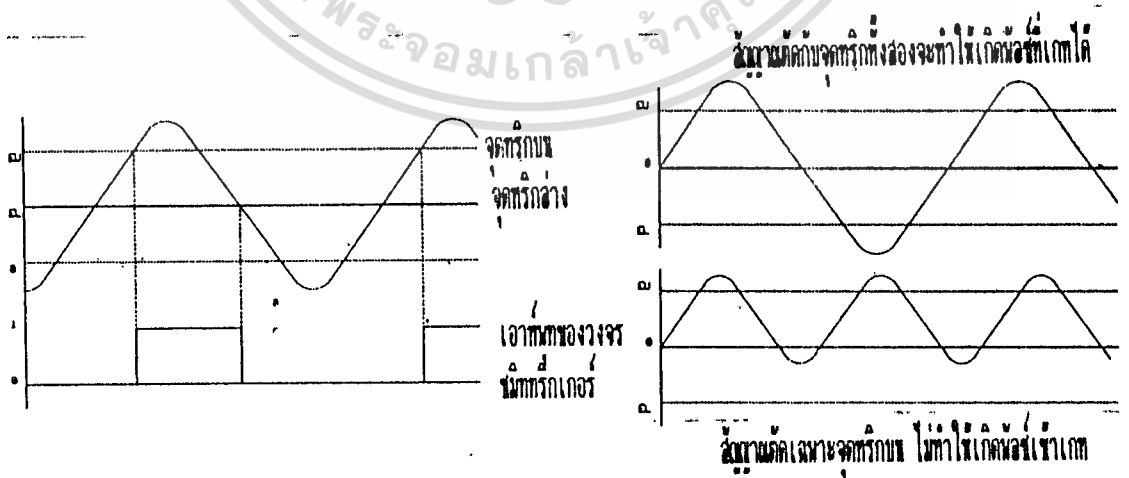
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## วงจรส่วหน้า

ในส่วนนี้ประกอบไปด้วยภาคลดทอนสัญญาณ ภาคขยายสัญญาณ และภาคควบคุมความไว ซึ่งวงจรมีส่วนที่รับเอาสัญญาณอินพุตเข้ามาทำการขยาย แต่ถ้าสัญญาณที่เข้ามาทางอินพุตมีขนาดใหญ่ไป วงจรลดทอนสัญญาณจะทำหน้าที่ลดขนาดสัญญาณให้เหมาะสม

เนื่องจากเครื่องวัดความถี่ใช้วัดความถี่ต่ำๆจนถึงความถี่สูงๆดังนั้นจึงต้องมีวงจขยาย ซึ่งขยายสัญญาณได้ตลอดย่านความถี่ทำการวัด ไม่เช่นนั้นแล้วก็จะทำให้ขนาดของสัญญาณที่มีความถี่ต่ำๆ และสูงๆ จะมีขนาดไม่พอเหมาะกับวงจรตัวรับคลื่น ทำให้วงจรตัวรับคลื่นไม่มีผลซึ่งเอาท์พุท เครื่องจึงไม่สามารถที่จะทำการนับได้ และความต้านทานอินพุทของวงจรต้องมีค่าสูง ทั้งนี้เพื่อลดผลซึ่งเกี่ยวกับการไหลกลับสัญญาณอินพุท

ในส่วนของวงจรตัวรับคลื่นใช้วงจร ซิมิทริกเกอร์ ซึ่งให้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมที่มีขนาดที่แน่นอน และมีความถี่เท่ากับสัญญาณอินพุท วงจรซิมิทริกเกอร์ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณที่มีช่วงเวลาขาขึ้น (RISE TIME) และช่วงเวลาขาลง (FALL TIME) ที่เย่มากให้ดีขึ้น เช่น ทวนสัญญาณชาซีน เป็นต้น สัญญาณที่ป้อนเข้ามาทางอินพุทของวงจรซิมิทริกเกอร์นั้น ถ้ามีขนาดต่ำกว่าจุดทริกล่าง (LOWER TRIG POINT) จะทำให้วงจรซิมิทริกเกอร์ มีเอาท์พุทที่เป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมออกมา และสัญญาณที่ได้รับจากเอาท์พุทของวงจรซิมิทริกเกอร์นี้จะทำให้ไม่มีการนับเกิดขึ้น ดังรูปที่ 3-3 เอาท์พุทของวงจรซิมิทริกเกอร์มีขนาดเท่ากับ 5 โวลต์ และประมาณ 0 โวลต์ โดยจะแทนด้วยลอจิก 1 และลอจิก 0 ตามลำดับแล้วป้อนเข้ากับวงจรเกท ต่อไป



รูปที่ 2-3 ก) การทำงานอย่างปกติของวงจรซิมิทริกเกอร์

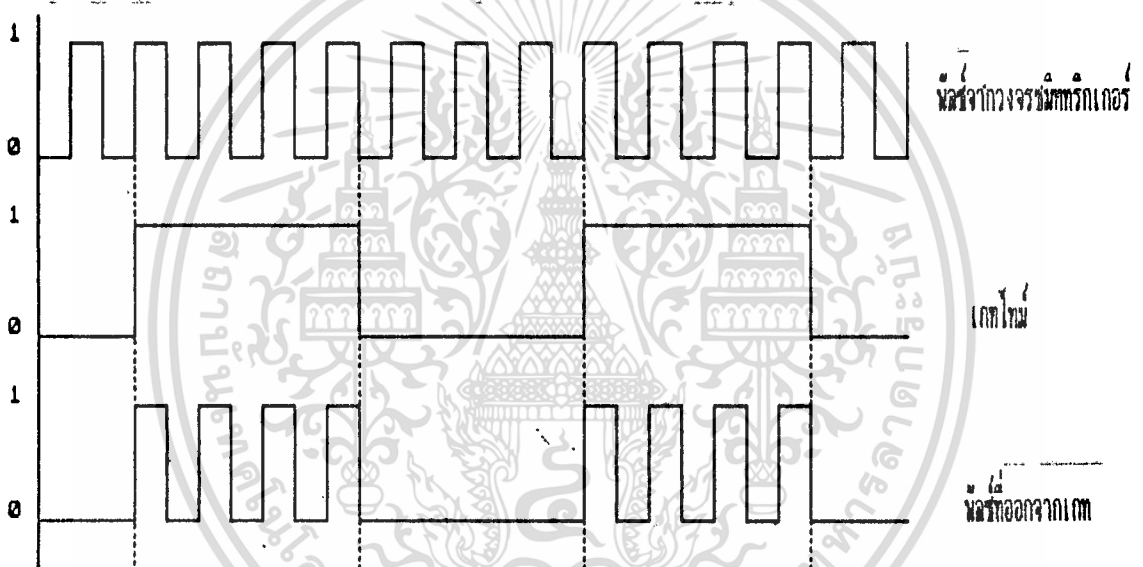
ข) การทำให้เกิดพัลส์และไม่เกิดพัลส์ของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ส่วนควบคุมการนับ หรือ เกตควบคุมการนับ

จากหลักการขั้นพื้นฐานของเครื่องนับความถี่นั้น จะทำการนับจำนวนพัลส์ที่เข้ามาในหนึ่งหน่วยเวลา แล้วทำการเปรียบเทียบในหนึ่งวินาที แล้วแสดงผลเป็นค่าที่วัดได้นั้น จึงต้องมีส่วนควบคุมการนับทำหน้าที่ในการปล่อยพัลส์ เข้าวงจรนับเป็นช่วง ๆ แต่ละช่วงจะเป็นช่วงเวลาที่เหมาะสม ในที่นี้ใช้แอนด์เกต (AND GATE) ลักษณะการทำงานของมันเป็นแบบการคูณสัญญาณ โดยมีเงื่อนไขว่า สัญญาณอินพุตที่มีขนาด 5 โวลต์หรือลอจิก 1 ทั้งสองอินพุตจึงจะทำให้เอาต์พุตที่มีขนาด 5 โวลต์ออกมา ดังตัวอย่างรูปที่ 2-4 พอเข้าใจ



รูปที่ 2-4 การทำงานของเกตควบคุมการนับ

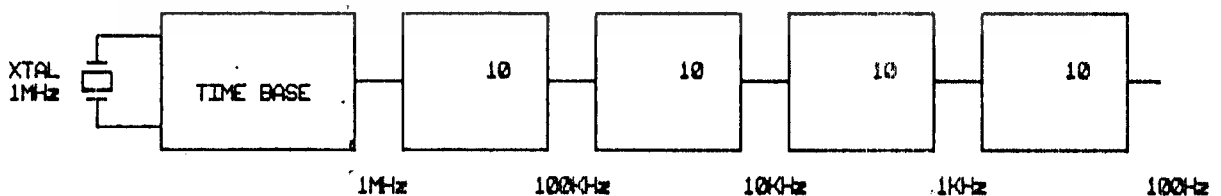
จากรูปที่ 2-4 ก. เป็นสัญญาณอินพุตที่ออกจากเอาต์พุตของวงจรนับทริกเกอร์ ซึ่งมีความถี่เท่ากับความถี่ของสัญญาณอินพุตที่ทำการวัด รูปที่ 2-4 ข. เป็นพัลส์ที่ได้จากการเลือกฐานเวลาหนึ่ง ๆ รูปที่ 2-4 ค. เป็นเอาต์พุตของส่วนควบคุมการนับ ซึ่งพัลส์เหล่านี้จะป้อนให้กับวงจรนับ จะเห็นว่า เอาต์พุตของส่วนควบคุมการนับจะเป็นจำนวนพัลส์ในช่วงเวลาหนึ่งที่เกตเปิด

## ส่วนสร้างความถี่มาตรฐาน

ในการเปิดปิดเกท ต้องใช้ช่วงเวลาที่มาตรฐานมาทำการเปิดปิดเกทให้พัลส์ที่มา จากวงจรซิมิทริกเกอร์ผ่านเข้าสู่วงจรนับ เราสามารถทำช่วงเวลาที่มาตรฐานนั้น โดยใช้วงจรสร้างความถี่มาตรฐาน เพื่อความแม่นยำและความถี่ต้องมีความเสถียรภาพมาก จึงต้องใช้วิธีสร้างความถี่สูง ๆ แล้วนำมาหารที่ละ 10 เป็นขั้น ๆ จนได้ความถี่ที่ต้องการ ความถี่หารเป็นขั้นๆจะมีลักษณะเป็นพัลส์ วงจรสร้างความถี่มาตรฐานโดยทั่วไปแล้วใช้เป็นพวก ผลึกควอตซ์ ซึ่งอาจต่อเป็นวงจรเรโซแนนซ์ขนานหรือแบบอนุกรมก็ได้

วงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์เป็นวงจรกำเนิดความถี่ที่ให้ความเที่ยงตรงและ คงที่ของความถี่มาก นิยมใช้กำเนิดฐานเวลาให้กับงานทางด้านอิเล็กทรอนิกส์คอมพิวเตอร์ ข้อดีของวงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดนี้ นอกจากจะให้ความถี่ที่คงที่แน่นอนแล้ว ยังให้ค่าลักษณะ ของการตอบสนองความถี่เรโซแนนซ์สูงมาก สามารถควบคุมความถี่ให้ถี่ใกล้เคียงกับการคำนวณ ออกแบบมากที่สุดที่อุณหภูมิคงที่ มีการสูญเสียพลังงานต่ำ หัวใจสำคัญของคริสตอลออสซิล เลเตอร์ก็คือผลึกแร่คริสตอล

แร่คริสตอลที่ใช้กันในปัจจุบัน ถูกสร้างขึ้นโดยการนำชิ้นสารของซิลิกอนได ออกไซด์มาประกบด้วยแผ่นโลหะบางทั้งสองข้าง คริสตอลจะแสดงคุณสมบัติของการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล เมื่อผลึกคริสตอลที่อยู่ระหว่างแผ่นโลหะ บางทั้งสองถูกกระตุ้นด้วยแรงกดจากภายนอก หรือด้วยแรงดันไฟฟ้าที่แผ่นโลหะบางก็ตาม คริสตอลจะเกิดการสั่นที่ ความถี่ธรรมชาติ ในขณะเวลาสั้นๆ และในช่วงเวลาการสั่นนี้จะ เกิดแรงดันไฟสลัที่แผ่นโลหะทั้งสอง เรียกผลของการเกิดขึ้นในลักษณะเช่นนี้ว่า "เพียโซ-เอฟเฟค"



รูปที่ 2-5 การหารความถี่เพื่อให้ได้ฐานเวลาหลาย ๆ ช่วง

ในการเลือกฐานเวลาใด เข้าไปในส่วนควบคุมเกทต้องให้มีความสัมพันธ์กัน

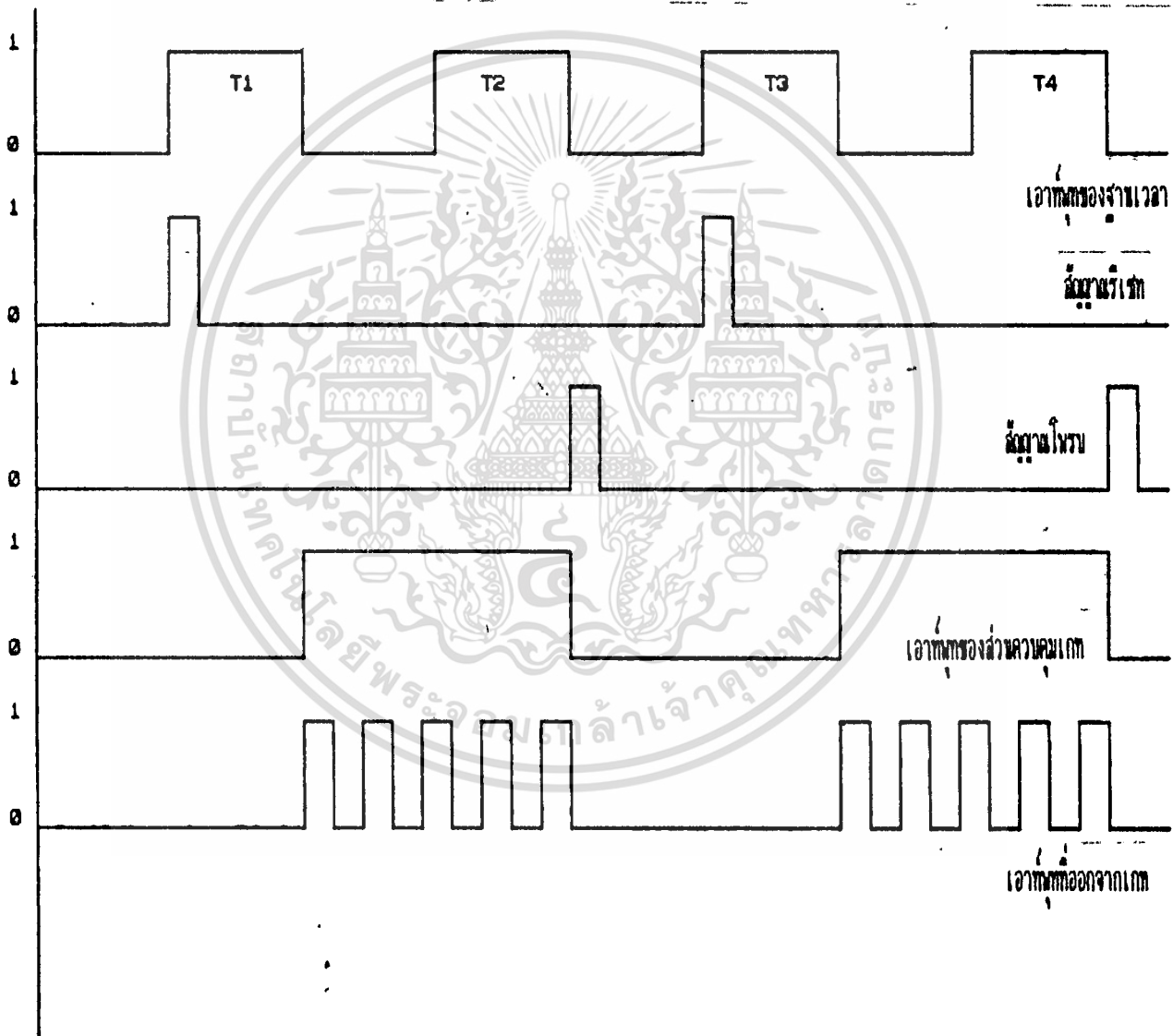
กับการเลื่อนไปของจุดทศนิยม (DECIMAL POINT) ที่ภาคแสดงผลด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ส่วนควบคุมเกท (GATE CONTROL)

ในส่วนนี้เป็นวงจรที่ทำงานโดยได้รับสัญญาณที่ถูกเลือกโดยตัวเลือก จากวงจรสร้างความถี่มาตรฐานเพื่อนำไปควบคุมการเปิดปิดของเกทควบคุมการนับและควบคุมการทำงานของภาคนับและแสดงผล ทั้งนี้เพื่อต้องการทำให้การทำงานของวงจรนับความถี่เป็นวงรอบ (SEQUENCE) ตามรูปที่ 2-6



รูปที่ 2-6 ไทม์มิ่งไคโดยแกรมสำหรับเครื่องนับความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2-6 เมื่อพัลส์  $t_1$  เปลี่ยนจากลอจิก 0 เป็นลอจิก 1 ส่วนควบคุม  
 เกทจะผลิตพัลส์สั้นๆ (RESET SIGNAL) ไปลบการนับของภาคนับและเมื่อพัลส์  $t_1$   
 เปลี่ยนจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 ส่วนควบคุมการเกตจะผลิตพัลส์ไปป้อนกับเกตควบคุม  
 การนับให้ส่งผ่านพัลส์ที่มาจากวงจรมีทริกเกอร์ และการส่งผ่านพัลส์จะหยุดลงเมื่อพัลส์  $t_2$   
 เปลี่ยนจากลอจิก 1 เป็นลอจิก 0 ในขณะเดียวกันส่วนควบคุมเกตจะผลิตพัลส์ที่เรียกว่า  
 สโตรบ์พัลส์ (STROBE PULSE) ให้ส่งผ่านข้อมูลจากภาคนับไปสู่วงจรถอดรหัสแล้วแสดงผล  
 ค้างไว้จนกว่าจะมีสัญญาณพัลส์รีเซ็ตมาลบการนับของภาคนับและภาคแสดงผล การที่มีสัญญาณ  
 สโตรบ์พัลส์ ก็เพื่อทำให้การแสดงผลค้างไว้ไม่ให้มีการกระพริบของภาคแสดงผลทำให้อ่านยาก  
 การที่ต้องทำให้การนับของเครื่องนับความถี่เป็นวงรอบเพราะว่าเนื่องจากมี  
 การป้อนสัญญาณเข้ามาตลอดเวลา สัญญาณที่ผ่านมาจากเกตควบคุมการนับแต่ละกลุ่ม จะถูกนับ  
 และแสดงผลค้างไว้ พร้อมทั้งลบการนับเดิมทิ้งไปแล้วนับพัลส์กลุ่มใหม่ที่ถูกลงเข้ามาแล้ว  
 แสดงผลของการนับใหม่อีก จะเป็นเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ

### ส่วนนับและแสดงผลเป็นตัวเลข

ส่วนนี้ทำหน้าที่รับเอาสัญญาณจากส่วนควบคุมการนับเข้ามาแล้วนับจำนวน  
 พัลส์ในระบบ บิซีดี (BCD) จากนั้นก็จะส่งข้อมูลผ่านไปยังวงจรถอดรหัส แล้วส่งให้กับ  
 ภาคขับ เพื่อขับให้ภาคแสดงผลแสดงเป็นเลขฐานสิบ

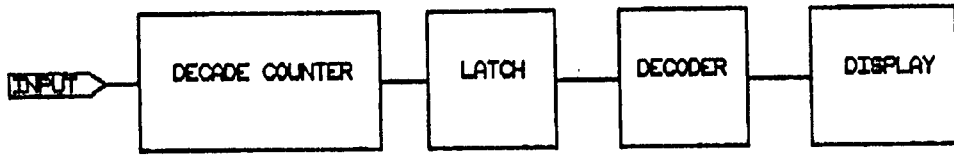
ในส่วนนี้ประกอบไปด้วย ส่วนสำคัญ 4 ส่วนคือ

1. ส่วนนับสิบ (DECADE COUNTER) จะทำการนับสัญญาณที่ส่งผ่านมาจากเกตควบคุมการนับ  
 ซึ่งจะนับในระบบ บิซีดี โดยแบ่งสัญญาณออกเป็น 4 บิต
2. ส่วนสภาวะคงเดิม (LATCH) จะรับสัญญาณบิซีดี 4 บิตที่ได้จากส่วนนับสิบมาเป็นสัญญาณ  
 อินพุต และจะส่งผ่านออกไปที่เอาต์พุตได้ก็ต่อเมื่อได้รับ  
 สัญญาณมาจากส่วนควบคุมเกต
3. ส่วนถอดรหัส (DECODER) เป็นส่วนที่แปลงสัญญาณบิซีดี ที่ได้จากเอาต์พุตของส่วน  
 คงสภาพเดิมไปเปลี่ยนเป็นสัญญาณ เจ็ดส่วนเพื่อไปภาคขับ
4. ภาคแสดงผล (DISPLAY) ส่วนนี้ทำหน้าที่รับเอาสัญญาณเจ็ดส่วนที่มาจากส่วนถอดรหัส  
 ไปขับให้ 7 เซ็กเมนต์ ดิสเพลย์ แสดงผลออกมาเป็นตัวเลข

จากส่วนประกอบต่างๆ เหล่านี้สามารถเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูปที่ 2-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูญาติให้หาไปใช้โดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-7 บล็อกไดอะแกรมของส่วนนับและแสดงผล

### ความถูกต้องในการวัด (ACCURACY)

ความถูกต้องและความเที่ยงตรงในการวัดความถี่ ขึ้นกับองค์ประกอบสองอย่าง คือ ความผิดพลาดของเครื่องวัด (INHERENT ERRORS) และความผิดพลาดของสัญญาณ (SIGNAL RELATED ERRORS) ซึ่งองค์ประกอบทั้งสองนี้จะเป็นตัวที่ทำให้ความถูกต้องและความเที่ยงตรงในการวัดความถี่ลดลง

ความผิดพลาดของเครื่องวัด เป็นการกล่าวในด้านของคุณภาพ (QUALITY) ของเครื่องแต่ละเครื่อง

ความผิดพลาดของสัญญาณ เป็นความผิดพลาดที่เกิดจากการปรับความไวระดับการทริกของวงจรซิมิทริกเกอร์ไม่เหมาะสม

#### 1. ความผิดพลาดของเครื่องวัด (INHERENT ERRORS)

การเกิดความผิดพลาดแบบนี้ของเครื่องวัดความถี่เกิดได้ 2 อย่างคือ

- ความผิดพลาดเนื่องจากฐานเวลา
- ความผิดพลาดจากเกทควบคุมการนับ

##### 1.1 ความผิดพลาดเนื่องจากฐานเวลา เกิดเนื่องจากการสร้างความถี่ผิดพลาดไปของวงจรสร้างความถี่มาตรฐาน

โดยจะอยู่ในรูปของเปอร์เซ็นต์หรือ PART PER MILLION (PPM.) ความผิดพลาดของฐานเวลา จะมีผล 20 ppm. ซึ่งคิดเปอร์เซ็นต์ได้ 0.002% ถ้านำเครื่องนี้ไปวัดความถี่แล้วจะพลาด 0.002% เสมอไม่ว่าจะวัด ความถี่เท่า

ไร การแสดงค่าของเครื่องวัดอาจมากหรือน้อยกว่าค่าจริงๆ ก็ได้ โดยที่ถ้าความถี่ที่ฐานเวลามีค่ามากกว่าปกติ จะทำให้ค่าที่อ่านได้น้อยกว่าค่าจริง แต่ถ้าความถี่ที่ฐานเวลามีค่าน้อยกว่าปกติ ค่าที่อ่านได้จะมากกว่าค่าจริง

ความผิดพลาดของฐานเวลา เป็นผลมาจาก

- ความผิดพลาดตอนแรก (INITIAL ERRORS) เป็นความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการปรับแต่งความถี่ของฐานเวลาตอนออกจากโรงงาน
- SHORT TERM STABILITY เป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของส่วนกำเนิดความถี่เนื่องมาจากกรณีการแปรผันแบบสุ่ม (RANDOM VARIABLE CASE) เช่น การเปลี่ยนแปลงไฟเลี้ยงวงจร การมีสัญญาณรบกวน SHORT TERM STABILITY จะคิดต่อวัน
- LONG TERM STABILITY เป็นการเปลี่ยนแปลงความถี่ของผลึก เมื่อใช้งานไปนาน ๆ ตามปกติจะบอกค่าความผิดพลาดในรูปของ PPM./YEAR
- การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเปลี่ยนแปลงนี้ทำให้ ผลึกควอตซ์เกิดการยืดหรือหดตัว ทำให้ความถี่ของผลึกเปลี่ยนไป เพราะโครงสร้างภายในเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยค่าการเปลี่ยนแปลงจะบอกในรูปของ PPM./°C

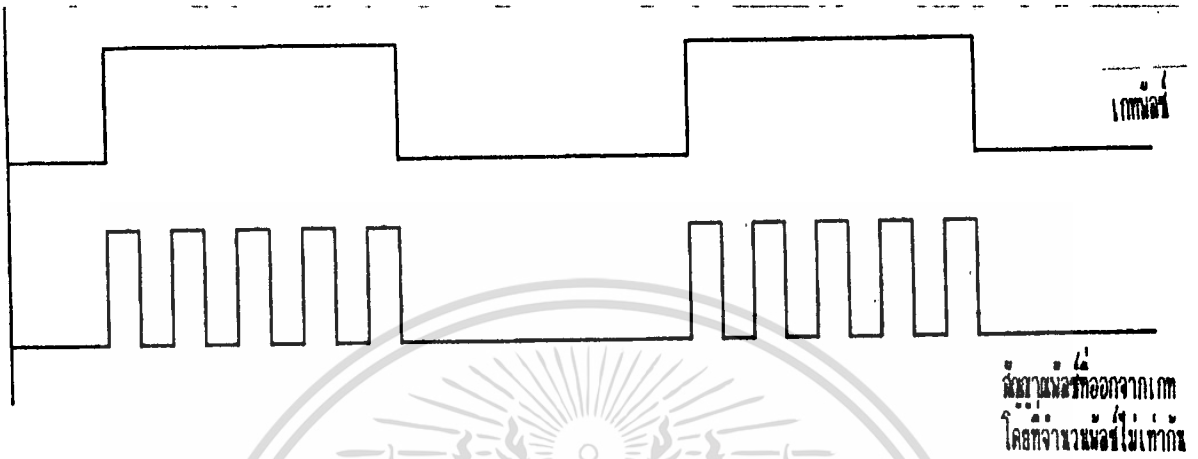
## 1.2 ความผิดพลาดจากเกทควบคุมการนับ

ความผิดพลาดนี้เกิดจากการเปิดปิดเกท ที่ไม่สามารถซิงค์ (SYNCHRONIZED) กับสัญญาณอินพุต ซึ่งจะให้มีโอกาสเกิดการนับผิดพลาดไป  $\pm 1$  ลูกคลื่นเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2-8 ความผิดพลาดนี้จะแปรผกผันกับความถี่ที่กำลังวัด และฐานเวลาโดยเขียนเป็นสมการได้ คือ

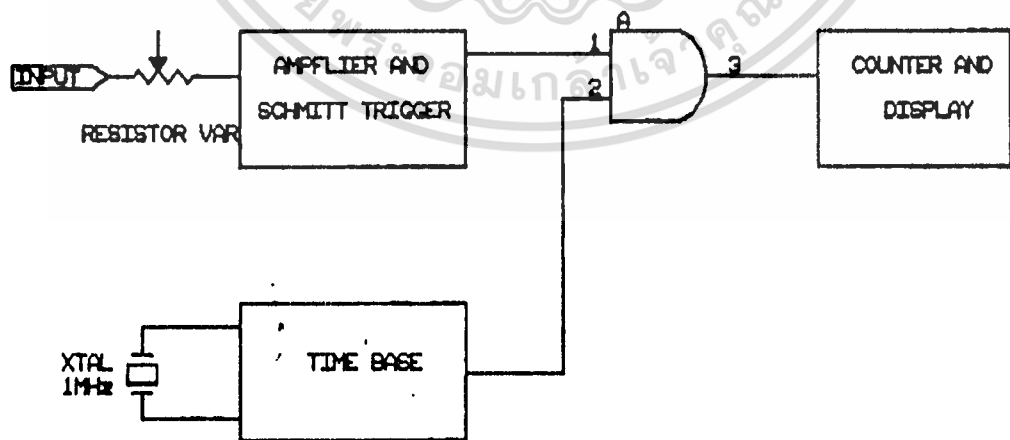
$$\text{เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด} = 100 / fT$$

เมื่อ  $f$  = ความถี่ที่กำลังวัด มีหน่วยเป็นเฮิซ

$T$  = ฐานเวลา มีหน่วยเป็น วินาที



รูปที่ 2-8 การไม่ซิงค์กันระหว่างสัญญาณจากส่วนควบคุมเกตกับอินพุตพัลส์ จากสมการจะเห็นว่า ถ้าทำการวัดความถี่สูงๆ และฐานเวลามากแล้วความผิดพลาดจะต่ำถ้านำไปวัดความถี่ต่ำๆ แล้วจะทำให้ความผิดพลาดเกิดขึ้นได้มาก ดังนั้นถ้าจะวัดความถี่ต่ำๆ จึงหันไปใช้การวัดแบบรายคาบแทน ซึ่งค่าที่ได้จะมีความถูกต้องมากกว่า โดยมีบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 2-9



รูปที่ 2-9 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดสัญญาณความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

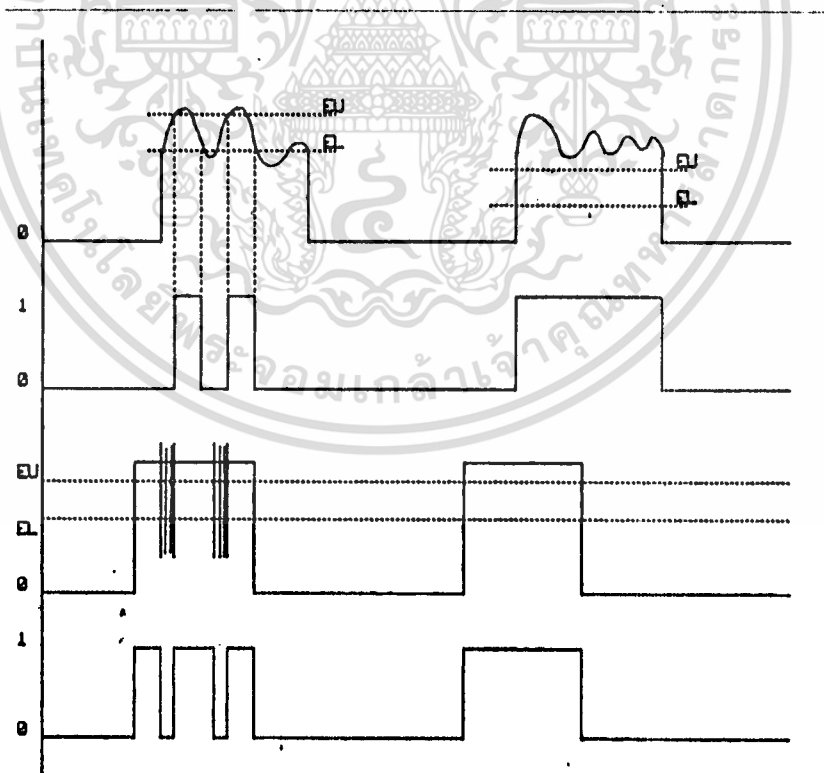
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานอย่างง่าย ๆ อธิบายได้ดังนี้ คือ

สัญญาณอินพุตที่ถูกรบกวนเข้ามา จะได้รับการขยายให้มีขนาดพอเหมาะกับวงจรรูปคลื่น ซึ่งเป็นวงจรมิตทริกเกอร์ สัญญาณที่ออกจากเอาต์พุตของวงจรมิตทริกเกอร์ จะเป็นตัวควบคุมเวลาการเปิดปิดของเกทหลัก หลักการของการเปิดปิดเกทนี้ จะตรงกันข้ามกับเครื่องวัดความถี่ เพราะว่าความถี่ของสัญญาณที่เข้าเครื่องวัด สัญญาณรายคาบนั้นน้อย เอาต์พุตของเกทหลักจะเป็นผลคูณของสัญญาณทั้งสอง แล้วส่งเข้าเครื่องนับจำนวนพัลส์แสดงค่าที่วัดได้ออกเป็นตัวเลข ก็สามารถรู้ค่าความยาวคลื่นของสัญญาณที่วัดได้

## 2. ความผิดพลาดของสัญญาณ (SIGNAL RELATED ERRORS)

ความผิดพลาดแบบนี้เกิดขึ้นจากที่สัญญาณอินพุตไม่ได้ขนาดที่พอเหมาะซึ่งอาจเกิดจากที่มีสัญญาณรบกวน หรือ การที่สัญญาณไม่ตัดจุดทริกบนหรือจุดทริกล่างของวงจรมิตทริกเกอร์ ซึ่งจะไม่มีความถี่ที่เอาต์พุตของวงจร ดังแสดงในรูปที่ 2-4 ข.



รูปที่ 2-10 การนับที่ผิดพลาดเนื่องจากมีสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

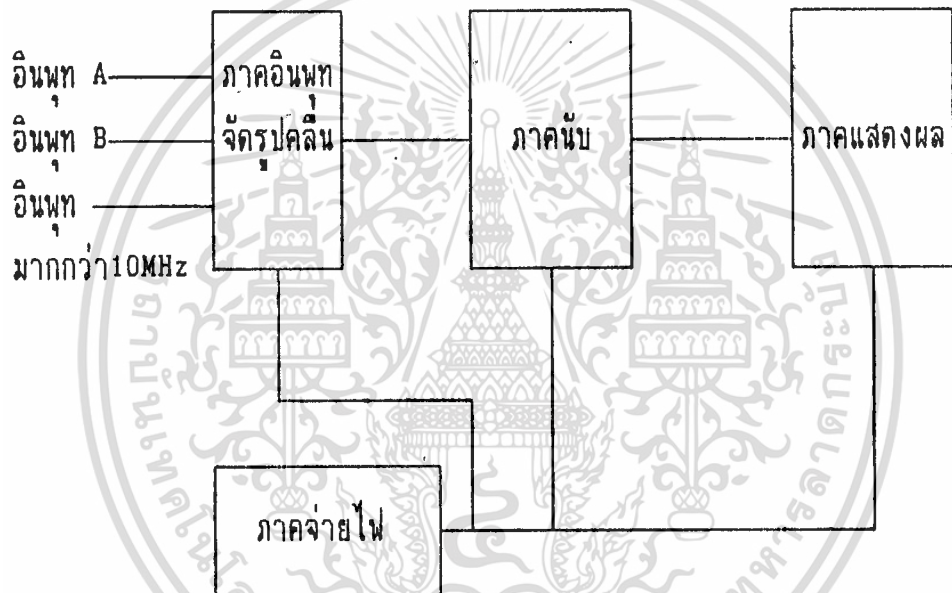
จากรูปที่ 2-10 ถ้าสัญญาณที่เข้ามามีขนาดของสัญญาณรบกวนมาก จะเห็นได้จากการสั้นของสัญญาณ ซึ่งตามปกติเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม ถ้าปรับให้จุดทริกนั้นไปติดกับส่วนที่ได้รับสัญญาณรบกวน จะทำให้การนับผิดพลาดไปจากความเป็นจริง



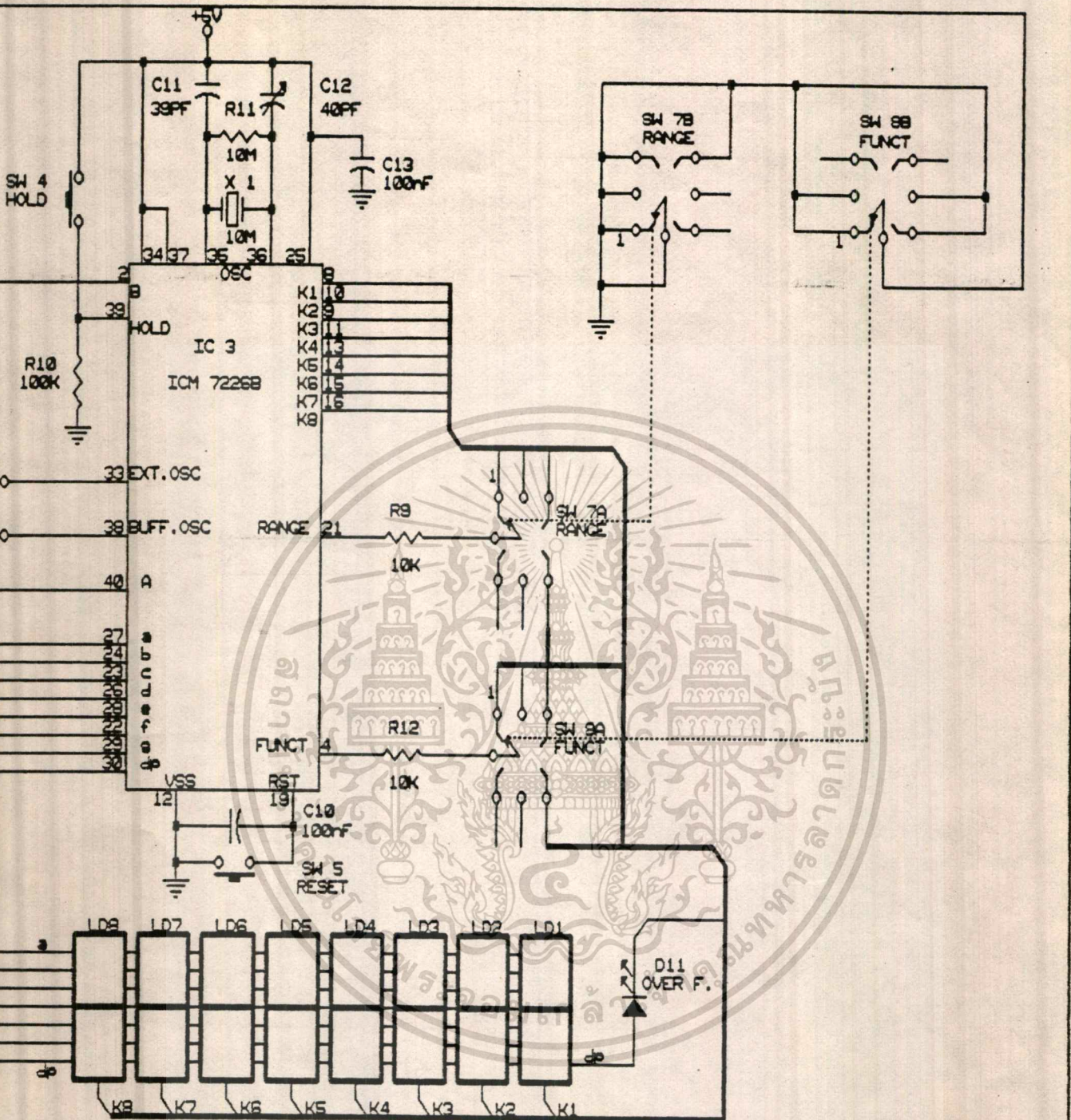
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3  
การทำงานของเครื่อง

การทำงานของวงจรเครื่องวัดความถี่เครื่องนี้ มีบล็อกไดอะแกรมดังรูปที่ 3-1

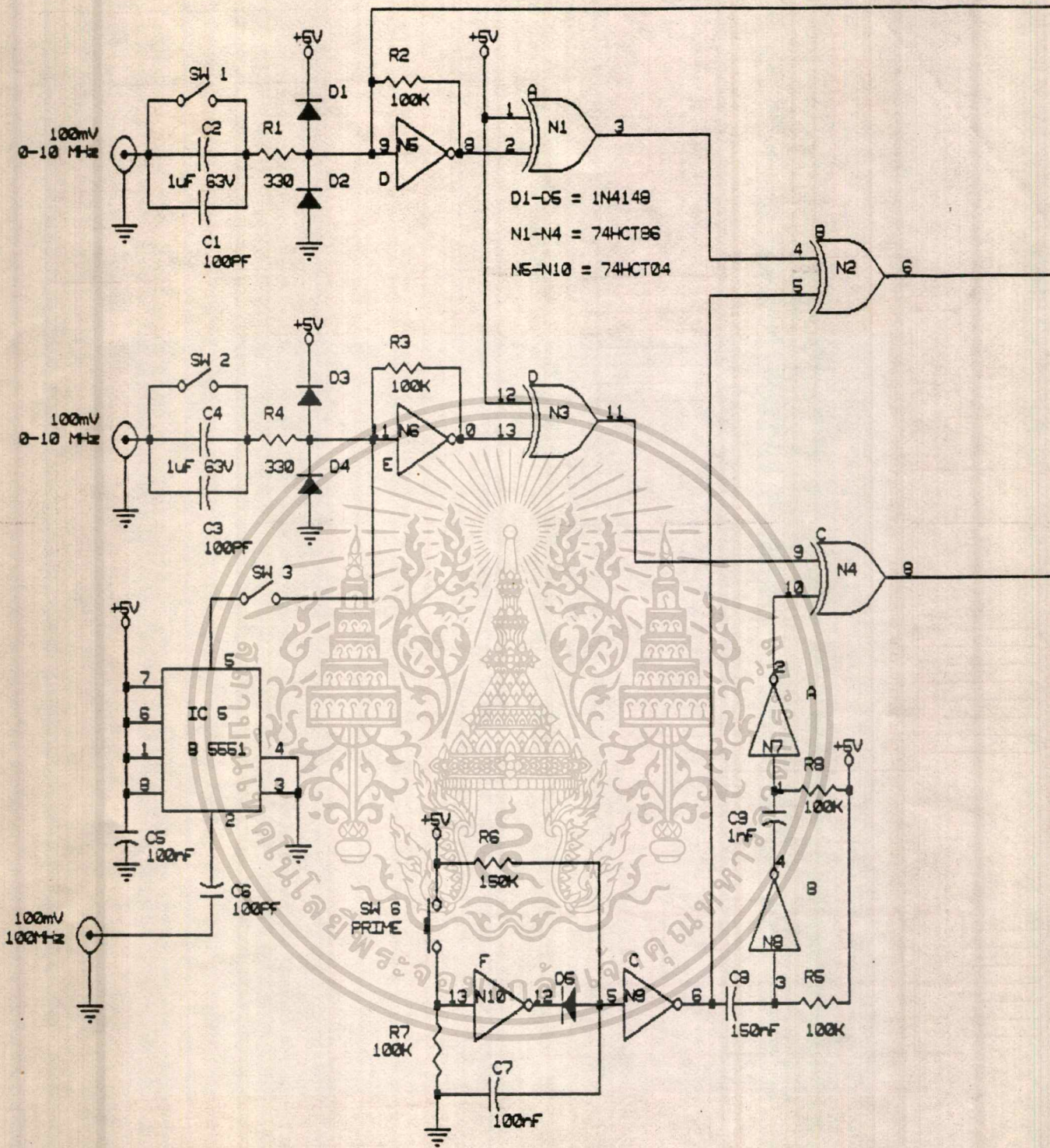


รูปที่ 3-1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดความถี่ 100 เมกะเฮิรต์



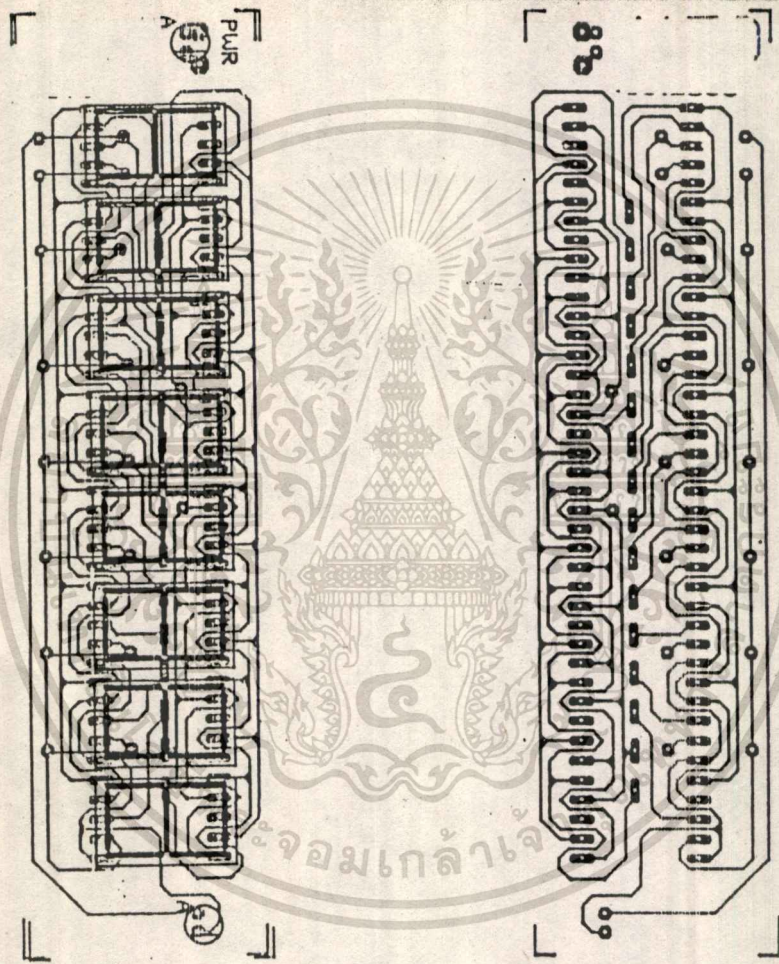
DIGITAL COUNTER 100MHz		
Size Document Number	KMITL	REV
A	COUNTER & DISPLAY UNIT	2
Date: January 1, 1980	Sheet	of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าการณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-2 วงจรของเครื่องวัดความถี่ 100 MHz





รูปที่ 3-4 ลายปริ้นซ์ของเครื่องวัดความถี่ 100 MHz ภาคแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการรักษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรเริ่มต้นจากวงจรส่วนออสซิลเลเตอร์ ซึ่งมีอุปกรณ์ประกอบภายนอก ร่วมกับการทำงานของวงจรโหม้เบสภายในไอซี 3  $X_1$  ทำงานร่วมกับ  $C_{11}, C_{12}, R_{11}$  เป็นวงจรออสซิลเลเตอร์แบบขนาน โดยที่  $R_{11}$  เป็นตัวไบแอส  $X_1$  มีตัวเก็บประจุมาต่อที่ขาอินพุทและเอาต์พุท ซึ่ง  $C_{12}$  จะใช้เป็นตัวปรับให้  $X_1$  ให้ผลิตความถี่ได้ 10 เมกะเฮิรซ์จริงๆ อินพุทหลักที่ใช้ในการวัดความถี่อยู่ที่อินพุท A ส่วนอินพุท B มีไว้สำหรับเปรียบเทียบการวัดกับอินพุท A เท่านั้น การเลือกหน้าที่ของการวัดอยู่ที่สวิตช์ SW ส่วนการเลือกย่านการวัดใช้สวิตช์ SW เป็นตัวเลือก ซึ่งตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของสวิตช์ทั้งสองได้สรุปเป็นตารางที่ 3-1 ดังนี้

S W 8		S W 7	
ตำแหน่ง	ฟังก์ชัน	ตำแหน่ง	ย่านการวัด
$K_1$	ความถี่ $f_A$	$K_1$	0.01s/cycle
$K_2$	เปรียบเทียบความถี่	$K_2$	0.1s/10cycles
$K_3$	ออสซิลเลเตอร์	$K_3$	1s/100cycles
$K_4$	เคาทเตอร์	$K_4$	10s/1000cycles
$K_5$	เปรียบเทียบเวลา		
$K_6$	วัดคาบเวลา		

ตารางที่ 3-1 แสดงการเลือกหน้าที่และย่านการวัดด้วยสวิตช์ SW7, SW8

การทำงานของวงจรส่วนอินพุท  $C_1$  กับ  $C_2$  หรือ  $C_3$  กับ  $C_4$  ทำงานเป็นวงจรคัปปลิ่งสัญญาณโดยที่มี  $SW_1$  และ  $SW_2$  ต่อคร่อมอยู่ ถ้าสวิตช์  $SW_1$  หรือ  $SW_2$  OFF หมายถึงการวัดสัญญาณที่ป้อนเข้ามาเป็น AC แต่เมื่อทั้งสองอยู่ในตำแหน่ง ON ก็เป็นการวัดสัญญาณแบบ DC  $R_1, D$  และ  $D$  ทำหน้าที่เช่นเดียวกับ  $R_1, D$  และ  $D$  ทำหน้าที่เดียวกับ

$R_4, D_3$  และ  $D_4$  คือป้องกันสัญญาณที่ป้อนเข้ามา มีระดับแรงดันสูงเกินจนเข้ามาทำอันตรายวงจรภายใน  $N_2$  กับ  $R_2$  ทำงานเช่นเดียวกับ  $N_5$  และ  $R_5$  คือ เป็นวงจรขยายสัญญาณให้โตขึ้นจนมีระดับเป็นสัญญาณ TTL คือมีการเปลี่ยนแปลงเป็น 0 ถึง 5 โวลต์ แต่ถ้าสัญญาณที่ป้อนเข้ามาเป็นระดับ TTL อยู่แล้ว ตัวมันเองจะมีสภาพเป็นวงจรับเฟอร์ทันที

วงจรส่วนของไอซี  $N_7-N_{10}$  และ  $N_3-N_4$  ใช้สำหรับการวัดคาบเวลาที่แตกต่างกันของสัญญาณจากอินพุท A และอินพุท B หรือ Time Intervals ส่วนสวิทช์ SW(prime) ใช้สำหรับกดก่อนการวัด Time Interval อินเวอร์เตอร์  $N_9$  และ  $N_{10}$  จะสร้างพัลส์แคบๆ ไปยังอินพุท B และ  $N_7$  กับ  $N_8$  จะทำงานเป็นตัวหน่วงพัลส์ดังกล่าวป้อนเข้าอินพุท A เพื่อช่วยในการวัดคาบเวลาดังกล่าว SW ทำหน้าที่เป็นสวิทช์โฮลด์ (HOLD) เมื่อกดสวิทช์ตัวนี้ขณะทำการวัด ค่าที่แสดงผลออกมาจะคงที่ มีประโยชน์ในการจำค่าที่ต้องการอ่าน SW ทำหน้าที่รีเซ็ต (RESET) วงจรให้ มีค่าที่อ่านได้เป็นศูนย์ในกรณีบิตหน้าที่การวัดเป็นวงจรรนับ (UNIT COUNTER)

$D_6-D_9$  ทำงานร่วมกับ  $C_{14}$  เป็นวงจรเรคทิไฟร์มี  $C_{15}$  เป็นตัวตัดการรบกวนทางความถี่สูง  $IC_4$  ทำหน้าที่เป็นวงจรเรคกเลเตอร์  $D_{10}$  เป็นแอลอีดีแสดงสถานะ ON เมื่อเปิดเครื่อง  $D_{11}$  เป็นแอลอีดีแสดงสถานะโอเวอร์โฟล (over flow)

ไอซี 5 เป็นไอซีปริสเกลหาร 10 คุณสมบัติของไอซี 5 จะทำการหารได้โดยเฉพาะความถี่ จาก 10 MHz - 100 MHz เท่านั้น ถ้าต้องการวัดความถี่สูงกว่า 10MHz ขึ้นไปต้องป้อนสัญญาณดังกล่าว เข้าทางอินพุทที่และโยกสวิทช์ SW<sub>1</sub> มายังตำแหน่ง ON และถ้าต้องการวัดสัญญาณที่ต่ำกว่า 10MHz ต้องทำการวัดสัญญาณทางอินพุท A โดยต้องทำการ OFF SW<sub>1</sub> ด้วย

## บทที่ 4

### การปรับแต่งและการนำไปใช้

เมื่อลงอุปกรณ์เสร็จเรียบร้อยแล้วก็พร้อมที่จะทำการทดสอบให้หมุนปมฟังก์ชันสวิตช์ไปที่ตำแหน่งทดสอบวงจรออสซิลเลเตอร์ จากนั้นป้อนไฟเข้าเครื่องจะเห็นแอลอีดีแสดงการทำงานติด ความถี่ที่แสดงจะต้องแสดง 10 MHz ถ้าไม่เป็นตามนี้คือตัวเลขไม่ใช่ 10 MHz ให้ปรับทริมเมอร์จนได้เป็น 10 MHz การปรับแต่งมีเพียงเท่านี้จากนั้นให้ทดสอบการวัดความถี่โดยหมุนสวิตช์ไปที่  $f_A$  ทดสอบการป้อนความถี่เข้าไปที่อินพุต A ความถี่ที่ป้อนเข้าไปควรเป็นความถี่ที่เราทราบค่า แล้วลองอ่านค่าความถี่ที่อ่านจะออกมาตรงจากนั้นก็ทดสอบขั้นต่อไปโดยหมุนฟังก์ชันไปที่  $T_A$  ค่าที่อ่านออกมาจะเป็นคาบเวลาที่หน่วยเป็นวินาที ซึ่งถ้าเราทราบค่าความถี่ที่ป้อนเข้ามา เราสามารถคำนวณเพื่อทดสอบค่าที่อ่านออกมาได้จากสูตร

$$T_A = 1/f_A$$

จากนั้นก็ทดสอบการวัดค่าแบบอื่น ๆ ต่อไป  
หมายเหตุ ใช้ไขควงที่เป็นฉนวนในการปรับทริมเมอร์

## ผลของการวัดสัญญาณอินพุท

การวัดขนาดของสัญญาณอินพุทเป็นการวัดขนาดแรงดันที่น้อยที่สุดที่เครื่องวัดความถี่ยังสามารถแสดงผลได้โดยไม่รบกวน สัญญาณที่ใช้เป็นสัญญาณช่ายัน

ความถี่

ขนาดแรงดันเป็น

INPUT A

0 Hz - 10 KHz	1 Vp-p
10 KHz - 120 KHz	0.8 Vp-p
120 KHz - 300 KHz	0.08 Vp-p
300 KHz - 1 MHz	0.048 Vp-p
1 MHz - 10 MHz	0.14 Vp-p
INPUT 100 MHz	
10 MHz	0.056 Vp-p
10 MHz - 20 MHz	0.036 Vp-p
20 MHz - 50 MHz	8 mVp-p
50 MHz - 75 MHz	9.6 $\mu$ Vp-p
75 MHz - 100 MHz	11.0 $\mu$ Vp-p
100 MHz - 120 MHz	19.9 $\mu$ Vp-p
120 MHz - 130 MHz	35.5 $\mu$ Vp-p

## บทที่ 5

### วิจารณ์และสรุป

เครื่องวัดความถี่ 100 MHz นี้การทำงานของวงจรรออาศัยไอซีเป็นหลัก ซึ่งวัดได้ตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ ขนาดแรงดันของสัญญาณอินพุตที่เครื่องวัดยังวัดได้โดยไม่รวมมีค่าต่ำที่ความถี่ต่ำๆ แต่ที่ความถี่สูงๆแล้วต้องขนาดแรงดันให้มากขึ้น แต่ถ้าใช้สายวัด (Co-axial) ที่มีการชดเชยค่าความเหนี่ยวนำดี ๆ และส่วนปลายสายวัดสั้น ๆ ขนาดแรงดันของสัญญาณอินพุตที่ป้อนความถี่สูงๆจะต้องน้อยลง เพราะมีการสูญเสียในสายวัดน้อยลง ในบางครั้งถ้าไม่มีสายวัดที่ดีพอ และขนาดแรงดันของสัญญาณที่ต้องการวัดมีขนาดต่ำ ก็จำเป็นต้องใช้วงจรรขยายมาขยายขนาดแรงดันของสัญญาณให้สูงก่อน จึงป้อนเข้าเครื่องวัด แต่การขยายต้องไม่มากกว่า 4VRMS เพราะทางด้านอินพุตมีการป้องกันขนาดของแรงดันสูงสุดเพียง 4VRMS ที่ความถี่สูงๆเท่านั้น

ขอแนะนำในการสร้างเครื่องวัดความถี่โดยใช้วงจรรนี้

ในการบัดกรีนั้นความร้อนมีปัญหามากกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ควรใช้หัวแร้งที่มีวัตต์ประมาณ 25-40 วัตต์ เวลาที่ใช้ขณะบัดกรีไม่ควรนานเกินไป เพราะอาจทำให้อุปกรณ์เสียหายได้ เมื่อบัดกรีเรียบร้อยแล้วให้ใช้แปรงสีฟันจุ่มในแอลกอฮอล์ขัดถูกับแผ่นวงจรพิมพ์ทางด้านบัดกรี และก่อนจะให้จับแผ่นวงจรพิมพ์ให้อยู่ในแนวตั้งเพื่อไม่ให้หน้ายาเคมีเล็ดลอดเข้าไปทำลายอุปกรณ์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# INTERSIL

## ICM7226A/B 10 MHz Universal Counter System

ICM7226A Drives Common Anode LED's  
ICM7226B Drives Common Cathode LED's

1

### FEATURES

- Functions as a frequency counter, period counter, unit counter, frequency ratio counter or time interval counter
- Output drivers directly drive both digits and segments of large 8 digit LED displays. Both common anode and common cathode versions are available
- Measures frequencies from DC to 10 MHz
- Measures period from 0.5 $\mu$  sec to 10 sec
- Stable high frequency oscillator, uses either 1MHz or 10MHz crystal
- Control signals available for gating of prescalers and prescaler display logic
- Multiplexed BCD outputs
- All terminals protected against static discharge; no special handling precautions required

### GENERAL DESCRIPTION

The ICM7226 is a fully integrated Universal Counter and LED display driver. It combines a high frequency oscillator, a decade timebase counter, an 8 decade data counter and latches, a 7 segment decoder, digit multiplexer and 8 segment and 8 digit drivers which can directly drive large LED displays. The counter inputs accept a maximum frequency of 10MHz in frequency and unit counter modes and 2MHz in the other modes. Both inputs are digital inputs. In many applications, amplification and level shifting will be required to obtain proper digital signals for these inputs.

The ICM7226 can function as a frequency counter, period counter, frequency ratio (f<sub>A</sub>/f<sub>B</sub>) counter, time interval counter or as a totalizing counter. The counter uses either a 10MHz or 1MHz crystal timebase. An external timebase input is also provided. For period and time interval, the 10MHz timebase gives a 0.1 $\mu$ sec resolution. In period average and time interval average, the resolution can be in the nanosecond range. In the frequency mode, the user can select accumulation time of .01 sec, .1 sec, 1 sec and 10 sec. With a 10 sec accumulation time, the frequency can be displayed to a resolution of .1 Hz in the least significant digit. There is 0.2 second interval between measurements in all ranges. Control signals are provided to enable gating and storing of prescaler data.

Leading zero blanking has been incorporated with frequency displayed in KHz and time in usec. The display is multiplexed at a 500Hz rate with a 12.5% duty cycle for each digit. The ICM7226A is designed for common anode display with typical peak segment currents of 25mA. The ICM7226B is designed for common cathode displays with typical segment currents of 12mA. In the display off mode both digit drivers & segment drivers are turned off allowing the display to be used for other functions.

### ORDERING INFORMATION

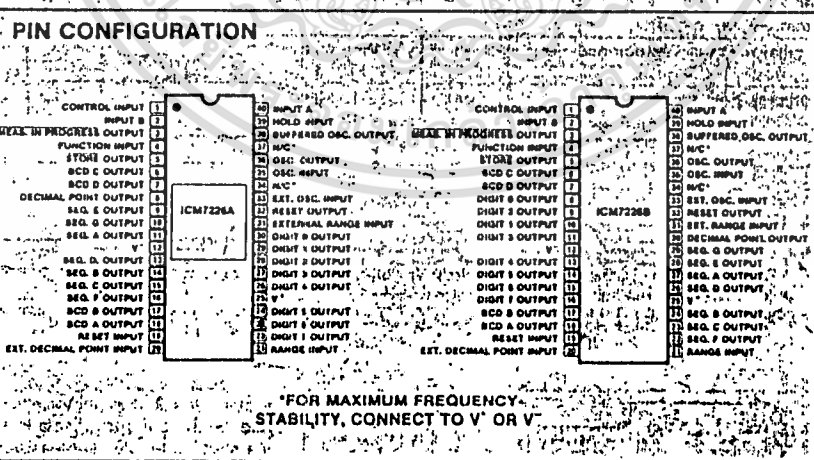
Component:

- ICM7226A IDL (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)

Evaluation Kit:

- ICM7226 EV/RT

See page 3 (available Nov. 1978)



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 (Note 2)	Not to exceed $V^+ - V^-$ by more than $\pm 0.3$ volts,
Maximum Power Dissipation at 70°C (Note 1)	1.0 watts (ICM7226A) 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 continuous 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, $T_A = 25^\circ C$ , 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			MHz kHz
Oscillator Transconductance	gm	$V^+ - V^- = 4.75V$ $T_A = +70^\circ C$	2000		100	$\mu S$
Multiplex Frequency Time Between Measurements	$F_{MAX}$	$t_{osc} = 10$ MHz $t_{osc} = 10$ MHz		500 200		Hz msec

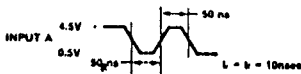


Figure 1: Waveform for Guaranteed Minimum  $F_{MAX}$  Function = Frequency, Frequency Ratio, Unit Counter.

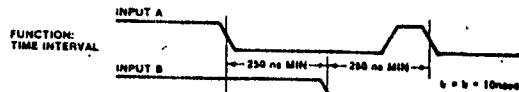


Figure 3: Waveform for Minimum Time Between Transitions of Input A and Input B.

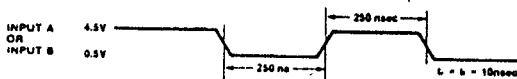


Figure 2: Waveform for Guaranteed Minimum  $F_{MAX}$  and  $F_{MAX}$  for Function = Period and Time Interval.

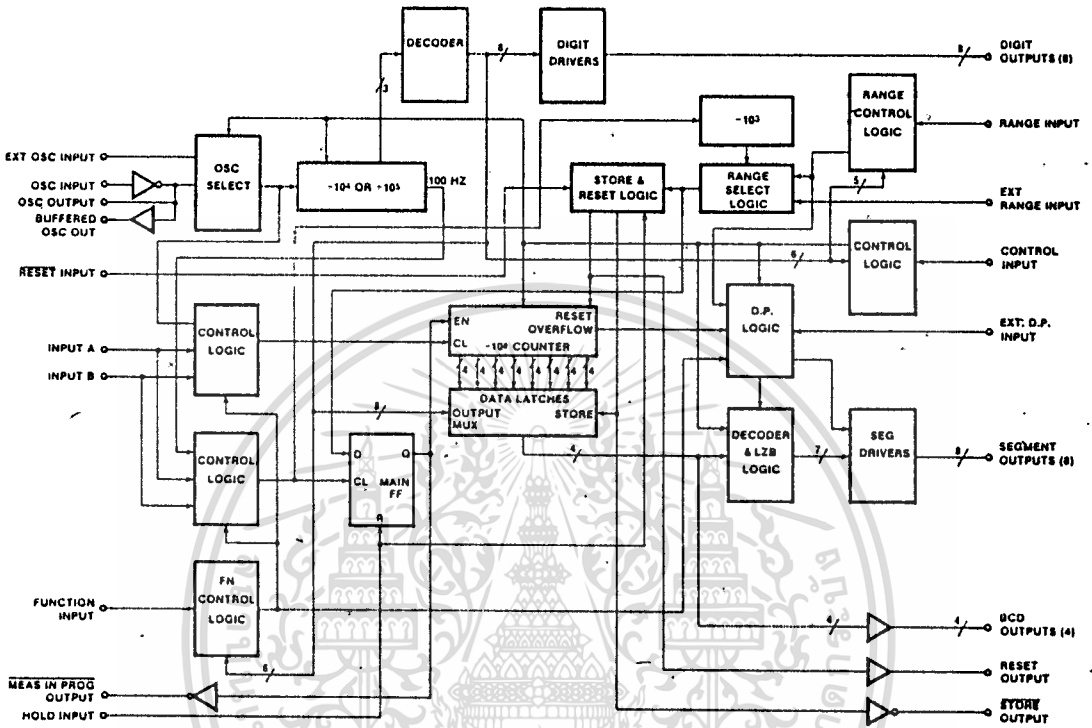
Channel A going negative starts the time interval counter. Channel B stops the counter. Channel A must then go negative after B goes negative to complete the measurement cycle. On repetitious signals this occurs automatically. On "one-shot" time interval measurements, external provisions must be made to accommodate the above described procedure.

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

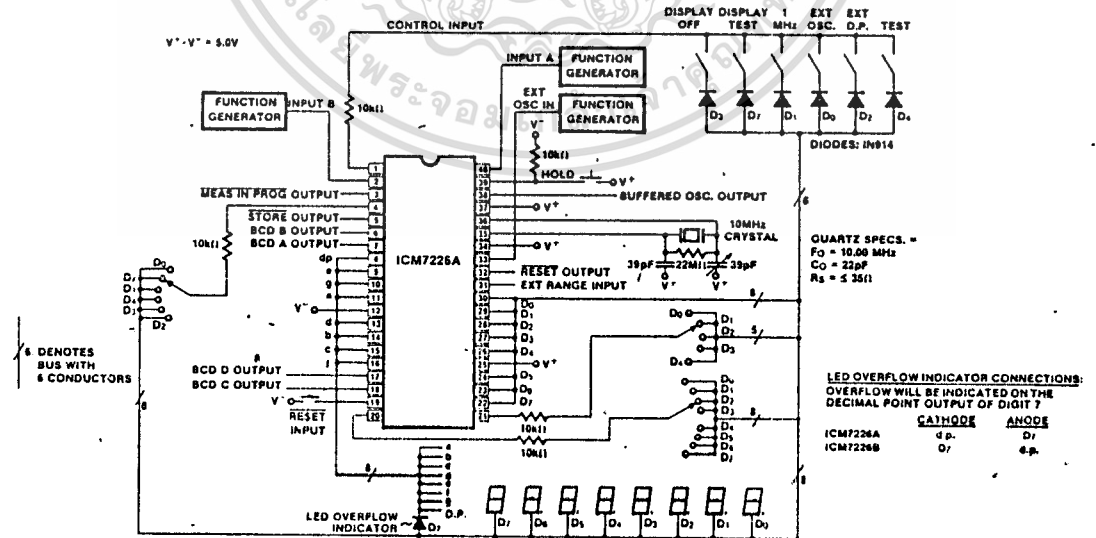
PARAMETER	SYMBOL	CONDITION	MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT VOLTAGES PINS 2,19,33,39,40 input low voltage input high voltage	$V_{IL}$ $V_{IH}$	$-20^\circ C < T_A < +70^\circ C$ Referred to $V^-$	1.0		3.5	V V
PIN 39 INPUT LEAKAGE	$I_L$		.10			$\mu A$
PIN 33 input low voltage input high voltage	$V_{IL}$ $V_{IH}$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

### EVALUATION KIT

An evaluation kit is available for the ICM7226. It includes all the components necessary to assemble and evaluate a universal frequency/period counter based on the ICM7226. With the help of this kit, an engineer or technician can have the ICM7226 "up-and-running" in less than an hour. Specifically, the kit contains an ICM7226AIDL, a 10MHz quartz crystal, eight each 7-segment .3" leds, PC board, resistors, capacitors, diodes, switches and IC socket. Ordering information for the kit is given on page 1.



**TEST CIRCUIT**



## APPLICATION NOTES

### GENERAL

#### Inputs A & B

The signal to be measured is input at Input A in Frequency, Period, Unit Counter, Frequency Ratio and Time Interval modes. The other input signal to be measured is input at Input B in Frequency Ratio and Time Interval. In Frequency Ratio  $F_A$  should be larger than  $F_B$ .

Both inputs are digital inputs with a typical switching threshold of 2.0V at  $V^+ = 5.0V$ . For optimum performance the peak to peak input signal should be at least 50% of the supply voltage and centered about the switching voltage. When these inputs are being driven from TTL logic, it is desirable to use a pullup resistor. The circuit counts high to low transitions at both inputs.

**Note:** The amplitude of the input should not exceed the supply by more than .3 volt otherwise, the circuit may be damaged.

#### Multiplexed Inputs

The function, range, control and external decimal point inputs are time multiplexed to select the input function desired. This is achieved by connecting the appropriate digit driver output to the inputs. The input function, range and control inputs must be stable during the last half of each digit output, (typically 125  $\mu$ sec). The multiplex inputs are active high for the common anode ICM7226A and active low for the common cathode ICM7226B.

Noise on the multiplex inputs can cause improper operation. This is particularly true when the unit counter mode of operation is selected, since changes in voltage on the digit drivers can be capacitively coupled through the LED diodes to the multiplex inputs. For maximum noise immunity, a 10K resistor should be placed in series with the multiplex inputs as shown in the application notes.

Table 1 shows the functions selected by each digit for these inputs.

TABLE 1

	FUNCTION	DIGIT
FUNCTION INPUT PIN 4	Frequency	D <sub>0</sub>
	Period	D <sub>7</sub>
	Frequency Ratio	D <sub>1</sub>
	Time Interval	D <sub>4</sub>
	Unit Counter	D <sub>3</sub>
	Oscillator Frequency	D <sub>2</sub>
RANGE INPUT PIN 21	.01 Sec/1 Cycle	D <sub>0</sub>
	.1 Sec/10 Cycles	D <sub>1</sub>
	1 Sec/100 Cycles	D <sub>2</sub>
	10 Sec/1k Cycles	D <sub>3</sub>
External Range Input PIN 31	Enabled	D <sub>4</sub>
CONTROL INPUT PIN 1	Blank Display	D <sub>3</sub> &Hold
	Display Test	D <sub>7</sub>
	1MHz Select	D <sub>1</sub>
	External Oscillator Enable	D <sub>0</sub>
	External Decimal Point Enable	D <sub>2</sub>
	Test	D <sub>4</sub>
EXTERNAL DECIMAL POINT INPUT, PIN 20	Decimal Point is Output for Same Digit That is Connected to This Input	

#### Control Input Functions

**Display Test** - All segments are enabled continuously, giving a display of all 8's with decimal points. The display will be blanked if Display Off is selected at the same time.

**Display Off** - To enable the Display Off mode it is necessary to input D<sub>3</sub> to the control input and have the HOLD input at  $V^+$ . The chip will remain in the Display Off mode until HOLD is switched back to  $V^-$ . While in the Display Off mode, the segment and digit driver outputs are open. During Display Off the oscillator continues to run with a typical supply current of 1.5mA with a 10MHz crystal and no measurements are made. In addition, inputs to the multiplexed inputs will have no effect. A new measurement is initiated when the HOLD input is switched to  $V^-$ .

**1MHz Select** - The 1MHz select mode allows use of a 1MHz crystal with the same digit multiplex rate and time between measurements as with a 10MHz crystal. The decimal point is also shifted one digit to the right in Period and Time Interval, since the least significant digit will be in  $\mu$ second increments rather than 0.1  $\mu$ sec increments.

**External Oscillator Enable** - In this mode the external oscillator input is used instead of the on chip oscillator for the Timebase input and Main Counter input in Period and Time interval modes. The on chip oscillator will continue to function when the external oscillator is selected, but will have no effect on circuit operation. The external oscillator input frequency must be greater than 100KHz or the chip will reset itself to enable the on chip oscillator.

**External Decimal Point Enable** - When external decimal point is enabled a decimal point will be displayed whenever the digit driver connected to the external decimal point is active. Leading Zero Blanking will be disabled for all digits following the decimal point.

**Test Mode** - In the test mode the main counter is split into groups of two digits each and the groups are clocked in parallel. The reference counter is split such that the clock into the reference count goes directly to the clock of the third decade counter (10 sec/1k cycle range). Store is also enabled so the count in the main counter is continuously output.

**Range Input** - The range input selects whether the measurement is made for 1, 10, 100, 1000 counts of the reference counter or if the external range input determines the measurement time. In all functional modes except Unit Counter a change in the range input will stop the measurement in progress without updating the display and then initiate a new measurement. This prevents an erroneous first reading after the Range Input is changed.

**Function Input** - The six functions that can be selected are: Frequency, Period, Time Interval, Unit Counter, Frequency Ratio and Oscillator Frequency.

These functions select which signal is counted into the main counter and which signal is counted by the reference counter as shown in Table 2. In Time Interval a flip flop is toggled first by a 1 - 0 transition at Input A and then by a 1 - 0 transition at Input B. The oscillator is gated into the Main Counter from the time Input A toggles the flip flop until Input B gates the flip flop. A change in the function input will stop the measurement in progress without updating the display and then initiate a new measurement. This prevents an erroneous first reading after the Function input is changed. If main counter overflows, an overflow indication is output on the decimal point output during D<sub>7</sub>.

TABLE 2

DESCRIPTION	MAIN COUNTER	REFERENCE COUNTER
Frequency (fA)	Input A	100Hz (Oscillator + 10 <sup>5</sup> or 10 <sup>4</sup> )
Period (TA)	Oscillator	Input A
Ratio (fA/fB)	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 <sup>5</sup> or 10 <sup>4</sup> )

External Decimal Point Input - when the external decimal point is selected this input is active. Any of the digits, except D<sub>7</sub>, can be connected to this point. D<sub>7</sub> should not be used since it will override the overflow output and leading zeros will remain unblanked after the decimal point.

Hold Input - Except in the Unit counter mode when the Hold Input is at V<sup>+</sup>, any measurement in progress is stopped, the main counter is reset and the chip is held ready to initiate a new measurement. The latches which hold the main counter data are not updated so the last complete measurement is displayed. In Unit counter mode when Hold Input is at V<sup>+</sup> the counter is stopped but not reset. When Hold is changed to V<sup>-</sup> the count continues from where the counter stopped.

Reset Input - The Reset Input is the same as a Hold Input, except the latches for the main counter are enabled, resulting in an output of all zeros.

External Range Input - The External Range Input is used to select different ranges than those provided on the chip. Figure 4 shows the relationship between Measurement In Progress and External Range Input.



Figure 4: External Range Input to End of Measurement in Progress.

Measurement In Progress, Store and Reset Outputs - These outputs are provided to enable display of prescaler digits. Figure 5 shows the relationship between these signals during the time between measurements. All three outputs can drive a low power Schottky TTL load. The Measurement In Progress Output can directly drive an ECL load, if the ECL device is powered from the same power supply as the ICM7226.

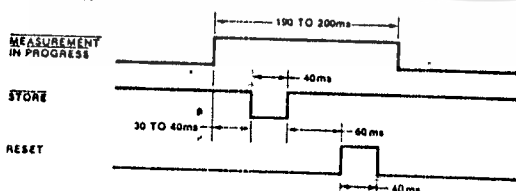


Figure 5: Reset, Store, and Measurement in Progress Outputs Between Measurements.

BCD Outputs - The BCD representation of each digit output is output on the BCD outputs. Leading zero blanking of the display has no effect on the BCD output. Each BCD output will drive one low power Schottky TTL load. Table 3 shows the truth table for the BCD outputs.

TABLE 3 Truth Table BCD Outputs

NUMBER	D PIN 7	C PIN 8	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 - The Buffered Oscillator Output has been provided to enable use of the on chip oscillator signal without loading the oscillator itself. This output will drive one low power Schottky TTL load. Care should be taken to minimize capacitive loading on this pin.

DISPLAY CONSIDERATIONS

The display is multiplexed at a 500Hz rate with a digit time of 244 μsec. An interdigit blanking time of 6 μsec is used to prevent ghosting between digits. The decimal point and leading zero blanking have been implemented for right hand decimal point displays. Any zeros following the decimal point will not be blanked. Also, the leading zero blanking will be disabled if the Main Counter overflows. The decimal point has been implemented to display frequency in KHz and time in μsec.

The ICM7226A is designed to drive common anode LED displays at peak current of 25mA/segment, using displays with V<sub>f</sub> = 1.8V at 25mA. The average DC current will be over 3mA under these conditions. The ICM7226B is designed to drive common cathode displays at peak current of 15mA/segment using displays with V<sub>f</sub> = 1.8V at 15mA. Resistors can be added in series with the segment drivers to limit the display current in very efficient displays, if required. Figures 6, 7, 8 and 9 show the digit and segment currents as a function of output voltage for common anode and common cathode drivers.

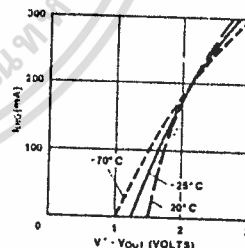


Figure 6: ICM7226A Typical log Vs. V\* - Vout 4.5 ≤ V\* - V<sup>+</sup> ≤ 6.0V

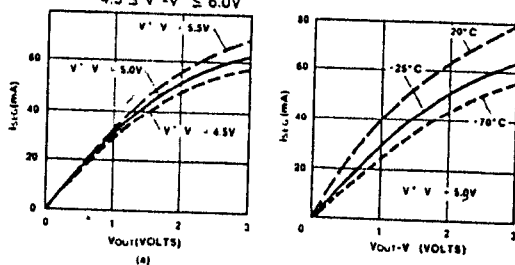


Figure 7: ICM7226A Typical ISEG Vs. Vout - V<sup>+</sup>

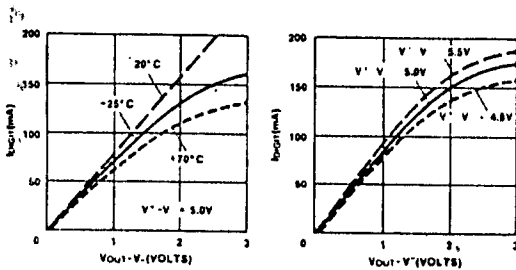


Figure 8: ICM7226B Typical I<sub>digit</sub> Vs. V<sub>out</sub>-V\*

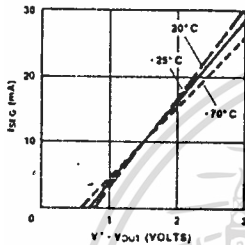


Figure 9: ICM7226B Typical I<sub>seg</sub> Vs. V\* - V<sub>out</sub>  
4.5V ≤ V\* - V\* ≤ 6.0V

To increase the light output from the displays, V\* may be increased up to 6.0V, however, care should be taken to see that maximum power and current ratings are not exceeded.

The segment and digit outputs in both the 7226A and B are not directly compatible with either TTL or CMOS logic. Therefore, level shifting with discrete transistors may be required to use these outputs as logic signals.

#### Segment Identification



#### ACCURACY

In a Universal Counter crystal drift and quantization errors cause errors. In Frequency, Period and Time Interval Modes, a signal derived from the oscillator is used in either the Reference Counter or Main Counter. Therefore, in these modes an error in the oscillator frequency will cause an identical error in the measurement. For instance, an oscillator temperature coefficient of 20ppm/°C will cause a measurement error of 20ppm/°C.

In addition, there is a quantization error inherent in any digital measurement of ±1 count. Clearly this error is reduced by displaying more digits. In the Frequency Mode the maximum accuracy is obtained with high frequency inputs and in Period Mode maximum accuracy is obtained with low frequency inputs. As can be seen in Figure 10, the least accuracy will be obtained at 10 KHz. In Time Interval measurements there is a maximum error of 1 count per interval. As a result there is the same inherent accuracy in all ranges as shown in Figure 11. In Frequency Ratio measurement more accuracy can be obtained by averaging over more cycles of Input B as shown in Figure 12.

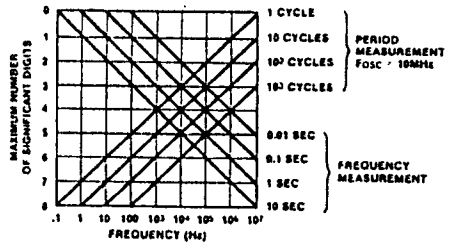


Figure 10: Maximum Accuracy of Frequency and Period Measurements Due to Limitations of Quantization Errors.

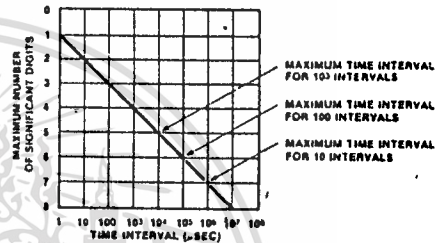


Figure 11: Maximum Accuracy of Time Interval Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

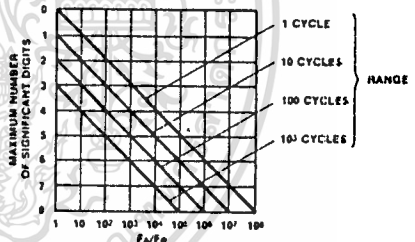


Figure 12: Maximum Accuracy for Frequency Ratio Measurement Due to Limitations of Quantization Errors.

#### CIRCUIT APPLICATIONS

The ICM7226 has been designed to be used as a complete Universal Counter or with prescalers and other circuitry in a variety of applications. Since Input A and Input B are digital inputs additional circuitry will be required in many applications for input buffering, amplification, hysteresis, and level shifting to obtain the required digital voltages. For many applications an FET source follower can be used for input buffering and an ECL 10116 line driver can be used for amplification and hysteresis to obtain a high impedance input, sensitivity and bandwidth. However, cost and complexity of this circuitry can vary widely depending upon the sensitivity and bandwidth required. When TTL prescalers or input buffers are used, pull up resistors to V\* should be used to obtain optimal voltage swing at Inputs A and B.

If prescalers aren't required the ICM7226 can be used to implement a minimum component Universal counter as shown in figure 13. This circuit can be for input frequencies up to 10MHz at Input A and 2MHz at Input B.

For input frequencies up to 40 MHz the circuit shown in figure 14 can be used to implement a Frequency and Period Counter. To obtain the correct value when measuring

frequency and period it is necessary to divide the 10MHz oscillator frequency down to 2.5MHz. In doing this the time between measurements is also lengthened to 800 msec. and the display multiplex rate is decreased to 125 Hz.

If the input frequency is prescaled by ten then the oscillator frequency can remain at 10 or 1MHz, but the decimal point must be moved. Figure 15 shows use of a +10 prescaler in frequency counter mode. Additional logic has been added to

have the 7226 count the input directly in Period mode for maximum accuracy. Note that Input A comes from Q<sub>c</sub> rather than Q<sub>d</sub> to obtain an input duty cycle of 40%. If an output without a duty cycle near 50% must be used then it may be necessary to use a 74121 monostable multivibrator or similar circuit to stretch the input pulse to guarantee a 50 nsec minimum pulse width.

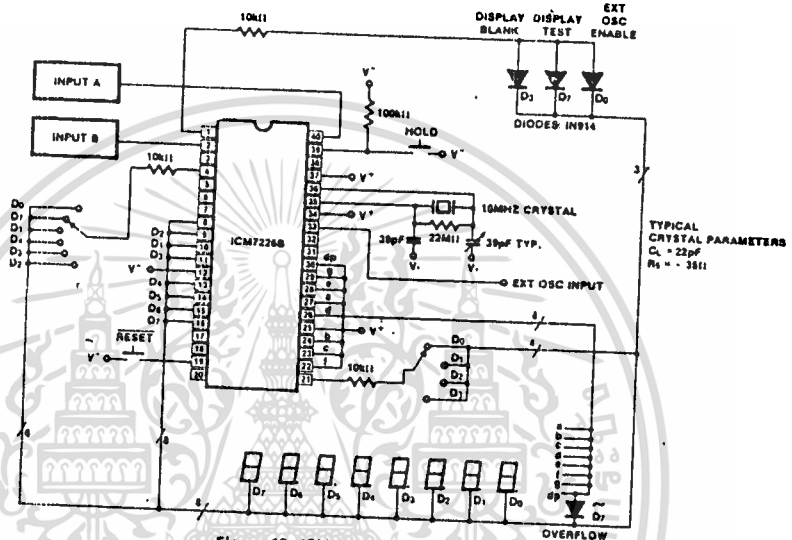


Figure 13: 10MHz Universal Counter

DEVICE NO.	TYPE
1	74LS04
2,3,4	74LS74
5	ICM7226B

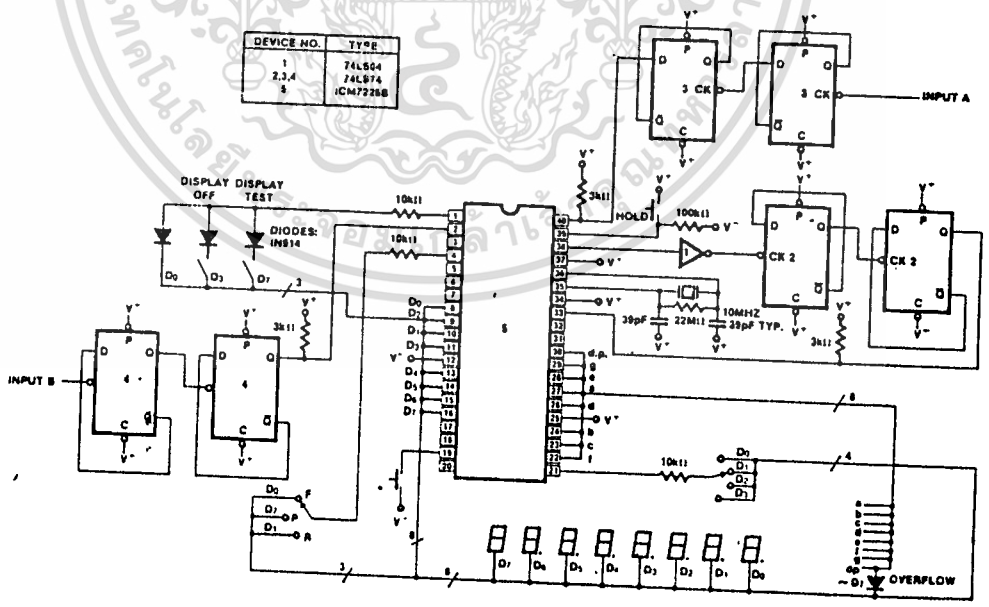


Figure 16 shows the use of a CD4016 analog multiplexer to multiplex the digital outputs back to the Function Input. Since the CD4016 is a digitally controlled analog transmission gate no level shifting of the digit output is required. CD4051's or CD4052's could also be used to select the proper inputs for the multiplexed input on the ICM7226 from 2 or 3 bit digital inputs. These analog multiplexers could

also be used in systems in which the mode of operation is controlled by a microprocessor rather than directly from front panel switches. TTL multiplexers such as the 74153 or 74251 could also be used, but some additional circuitry will be required to convert the digit output to TTL compatible logic levels.

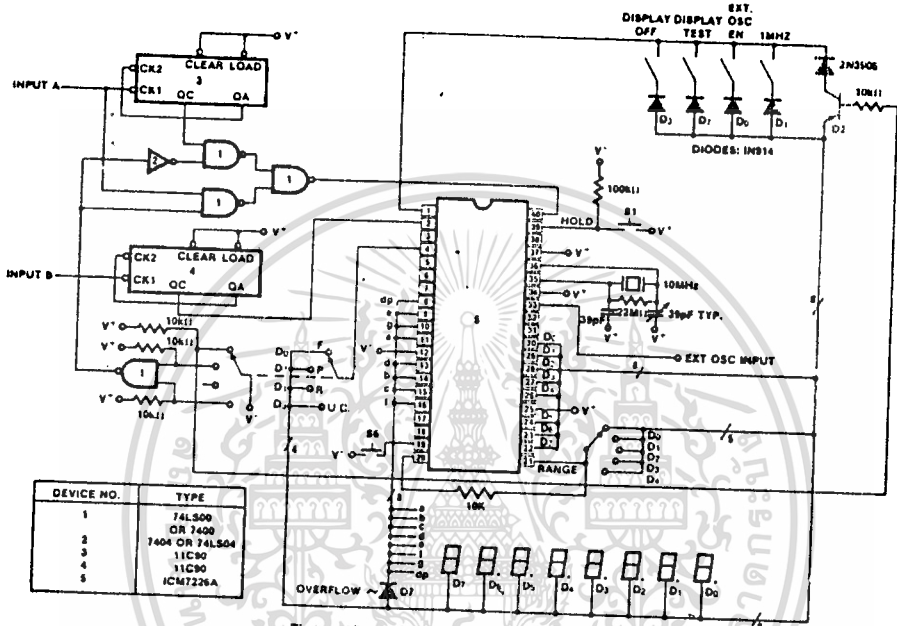


Figure 15: 100MHz Multi Function Counter

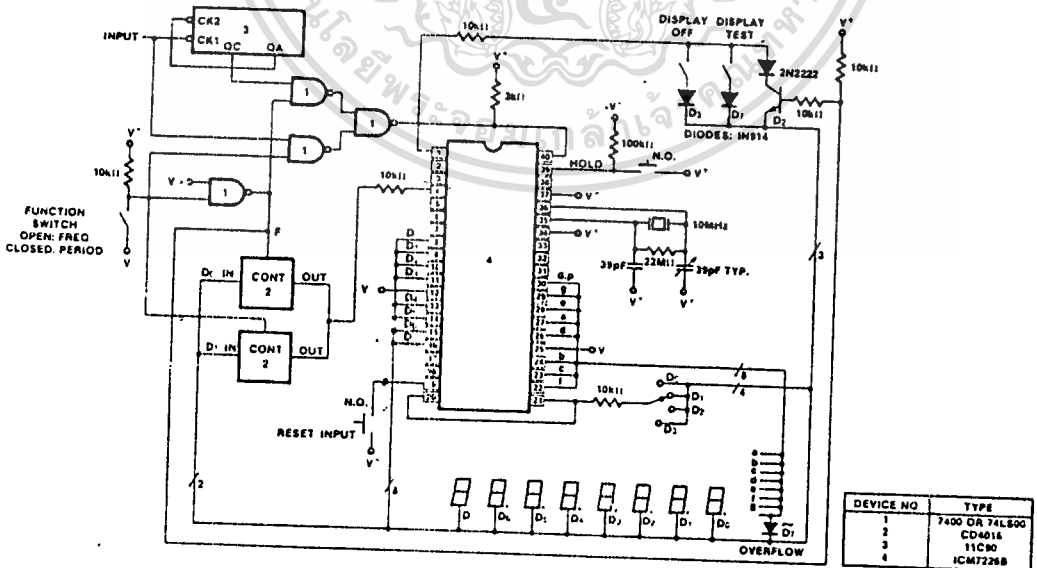


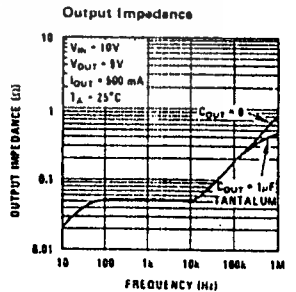
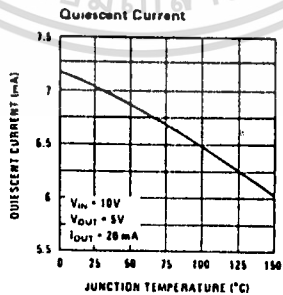
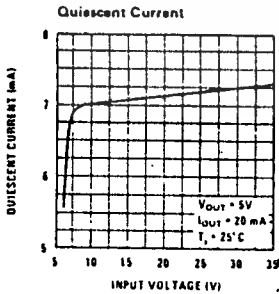
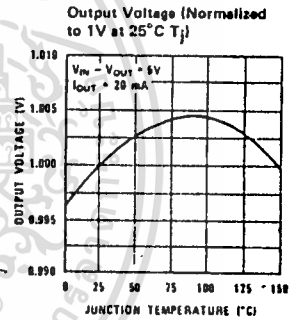
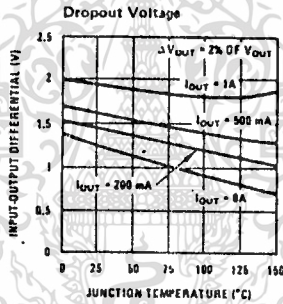
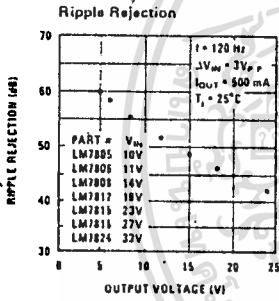
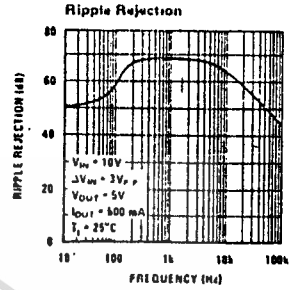
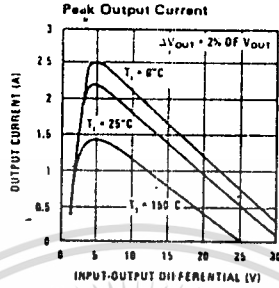
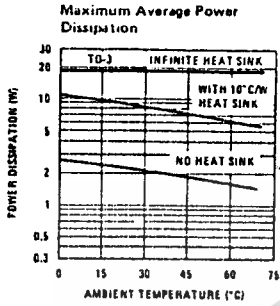
Figure 16: 100MHz Frequency Period Counter







# typical performance characteristics



## LM78LXX series three terminal positive regulators

### general description

The LM78LXX series of three terminal positive regulators is available with several fixed output voltages making them useful in a wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78LXX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, and lower quiescent current. These regulators can provide local on card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. The voltages available allow the LM78LXX to be used in logic systems, instrumentation, HiFi, and other solid state electronic equipment. Although designed primarily as fixed voltage regulators these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.

The LM78LXX is available in the metal three lead TO-5 (H) and the plastic TO-92 (Z). With adequate heat sinking the regulator can deliver 100 mA output current. Current limiting is included to limit the peak output current to a safe value. Safe area protection for the output transistor is provided to limit internal power dissipation. If internal power dissipation becomes

too high for the heat sinking provided, the thermal shutdown circuit takes over preventing the IC from overheating.

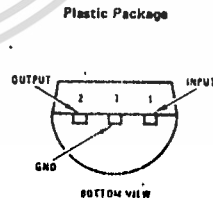
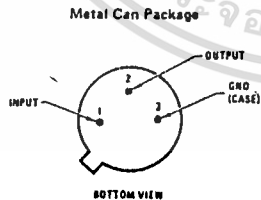
### features

- Output voltage tolerances of  $\pm 5\%$  (LM78LXXAC) and  $\pm 10\%$  (LM78LXXC) over the temperature range
- Output current of 100 mA
- Internal thermal overload protection
- Output transistor safe area protection
- Internal short circuit current limit
- Available in plastic TO-92 and metal TO-39 low profile packages

### voltage range

LM78L05	5V	LM78L12	12V
LM78L06	6V	LM78L15	15V
LM78L08	8V	LM78L18	18V
LM78L10	10V	LM78L24	24V

### connection diagrams



#### Order Numbers:

LM78L05ACH	LM78L05CH
LM78L06ACH	LM78L06CH
LM78L08ACH	LM78L08CH
LM78L10ACH	LM78L10CH
LM78L12ACH	LM78L12CH
LM78L15ACH	LM78L15CH
LM78L18ACH	LM78L18CH
LM78L24ACH	LM78L24CH

See Package 9

#### Order Numbers:

LM78L05ACZ	LM78L05CZ
LM78L06ACZ	LM78L06CZ
LM78L08ACZ	LM78L08CZ
LM78L10ACZ	LM78L10CZ
LM78L12ACZ	LM78L12CZ
LM78L15ACZ	LM78L16CZ
LM78L18ACZ	LM78L18CZ
LM78L24ACZ	LM78L24CZ

See Package 8

### absolute maximum ratings

Input Voltage  $V_O = 5V$  to  $8V$  Maximum Junction Temperature  $150^\circ C$   
 $V_O = 12V$  to  $18V$  Storage Temperature Range  $-65^\circ C$  to  $+150^\circ C$   
 $V_O = 24V$  Metal Can (H Package)  $-55^\circ C$  to  $+150^\circ C$   
 Internally Limited Molded TO-92  $0^\circ C$  to  $+70^\circ C$   
 Operating Temperature Range Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)  $300^\circ C$

30V  
35V  
40V  
Internally Limited  
0°C to +70°C  
Maximum Junction Temperature  
Storage Temperature Range  
Metal Can (H Package)  
Molded TO-92  
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)

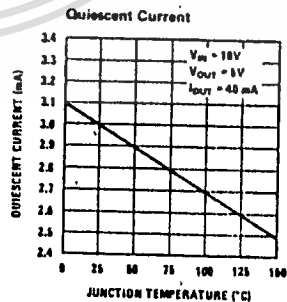
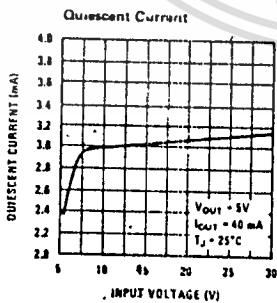
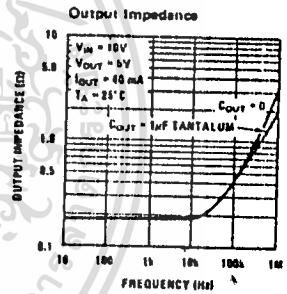
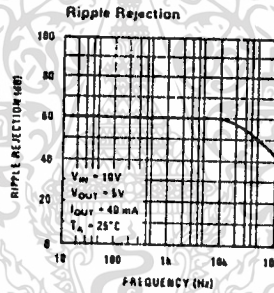
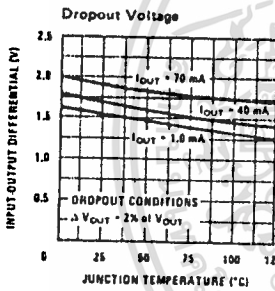
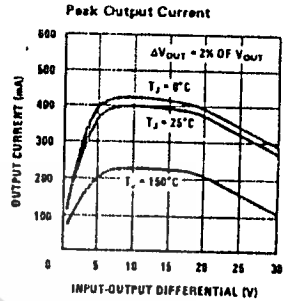
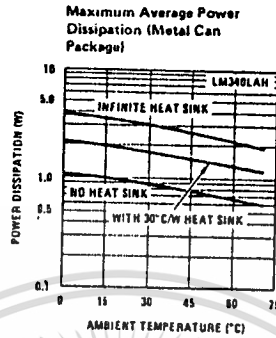
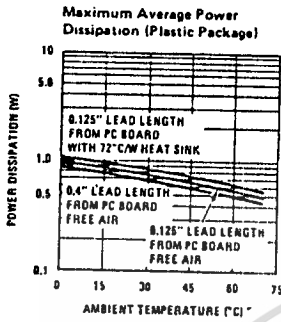
### electrical characteristics (Note 2) $T_J = 0^\circ C$ to $+125^\circ C$ , $I_O = 40 mA$ , $C_{IN} = 0.33\mu F$ , $C_O = 0.1\mu F$ (unless noted)

PARAMETER	5V		6V		8V		10V		12V		15V		18V		24V		UNITS			
	MIN	TYP. MAX	MIN	TYP. MAX	MIN	TYP. MAX	MIN	TYP. MAX	MIN	TYP. MAX	MIN	TYP. MAX	MIN	TYP. MAX	MIN	TYP. MAX				
$V_O$ Output Voltage (Note 4)	4.75	5.25	5.75	6	6.25	7.7	8	9.3	9.6	10	10.4	11.4	12.3	13.3	18	18.2	23	24	25	V
$\Delta V_O$ Line Regulation	4.75	5.25	5.7	6.3	6.3	7.6	8.4	9.5	10.5	11.4	12.6	14.25	15.75	17.2	18.9	22.8	25.2	25.2	V	
	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	V	
	$(10 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12 \leq V_{IN} \leq 23)$	$(12 \leq V_{IN} \leq 23)$	$(13 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(16 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(16 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(20 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(25 \leq V_{IN} \leq 40)$	$(25 \leq V_{IN} \leq 40)$	$(35 \leq V_{IN} \leq 180)$	$(35 \leq V_{IN} \leq 180)$	$(50 \leq V_{IN} \leq 200)$	$(50 \leq V_{IN} \leq 200)$	mV	
	$(18 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(18 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(18 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(18 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(18 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(20 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(20 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(20 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(20 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(20 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(30 \leq V_{IN} \leq 100)$	$(30 \leq V_{IN} \leq 100)$	$(37 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(37 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(45 \leq V_{IN} \leq 275)$	$(45 \leq V_{IN} \leq 275)$	$(60 \leq V_{IN} \leq 300)$	$(60 \leq V_{IN} \leq 300)$	mV	
	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	mV	
$\Delta V_O$ Load Regulation	5	30	6	35	6	8	40	9	45	10	50	12	75	15	85	70	100	100	mV	
	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	mV	
$\Delta V_O$ Long Term Stability	20	60	22	70	25	80	28	90	27	90	30	100	35	150	40	170	50	200	mV	
	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	mV/1000 hrs	
$I_Q$ Quiescent Current	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	3	5	5	mA
	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	mA	
$\Delta I_Q$ Output Current Change	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	0.1	1.0	1.0	mA
	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	mA	
$V_n$ Output Noise Voltage	40	50	40	50	40	60	60	70	80	80	90	90	150	150	200	200	200	200	200	$\mu V$
	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 21)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$\mu V$	
$\Delta V_{IN}$ Ripple Rejection	47	62	45	60	43	57	41	55	40	54	37	51	36	48	34	45	34	45	45	dB
	$(7 \leq V_{IN} \leq 15)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 15)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 18)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 18)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 18)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	dB	
$\Delta V_{OUT}$ Input Voltage Required to Maintain Line Regulation	7	8.3	7	8.3	7	10.5	12.5	14.5	14.5	17.5	17.5	20.7	20.7	27	27	27	27	27	27	V
	$(7 \leq V_{IN} \leq 15)$	$(7 \leq V_{IN} \leq 15)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 18)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 18)$	$(8.3 \leq V_{IN} \leq 18)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(10.5 \leq V_{IN} \leq 20)$	$(12.8 \leq V_{IN} \leq 25)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(14.5 \leq V_{IN} \leq 27)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(17.5 \leq V_{IN} \leq 30)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(20.7 \leq V_{IN} \leq 33)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	$(27 \leq V_{IN} \leq 38)$	V	

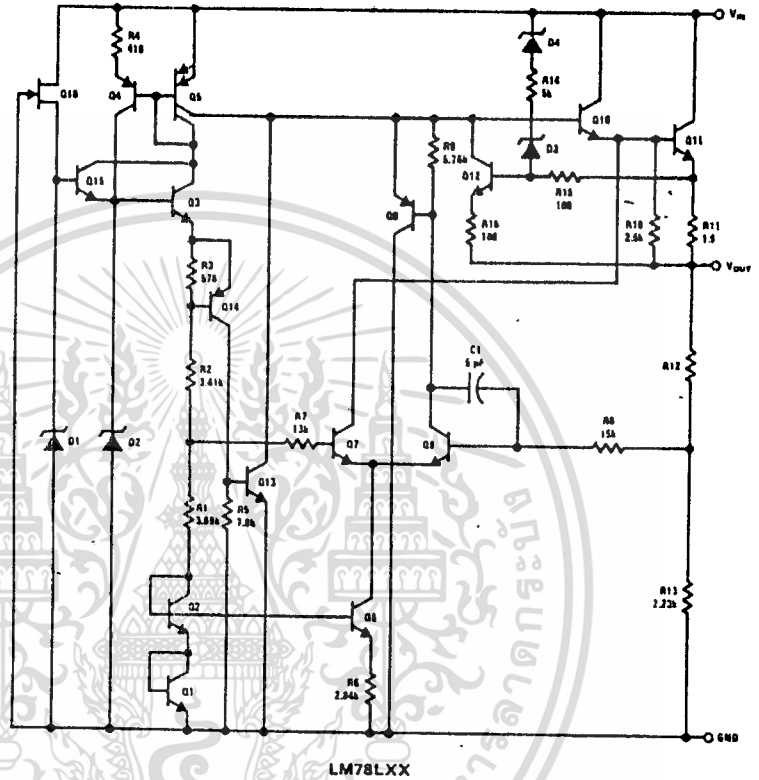
Note 1: Thermal resistance of the Metal Can Package (H) without a heat sink is 40°C/W junction to case and 140°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient with 0.4" leads from a PC board and 160°C/W junction to ambient with 0.125" lead length to a PC board.  
 Note 2: The maximum steady state usable output current and input voltage are very dependent on the heat sinking and/or lead length of the package. The data above represent pulse test conditions with junction temperatures as indicated at the initiation of test.  
 Note 3: Recommended minimum load capacitance of 0.01 $\mu F$  to limit high frequency noise bandwidth.  
 Note 4: The temperature coefficient of  $V_{OUT}$  is typically within  $\pm 0.01\%$   $V_{OC}$ .



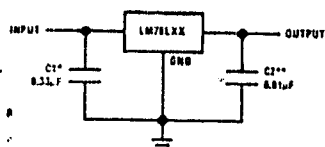
# typical performance characteristics



equivalent circuit

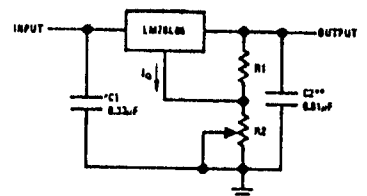


typical applications



\* Required if the regulator is isolated far from the power supply filter.  
 \*\* See Note 2 in the electrical characteristics table.

Fixed Output Regulator

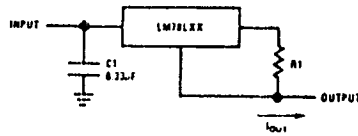


$$V_{OUT} = 5V \cdot (R2/R1 + I_q) R2$$

$$5V/R1 > 2 I_q, \text{ load regulation (L.R.)} = (R1 + R2/R1) (L.R. \text{ of LM78L00})$$

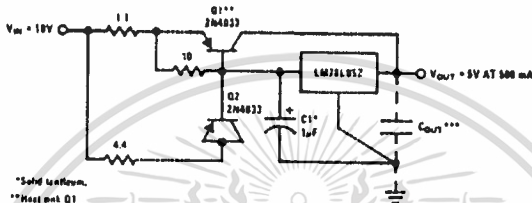
Adjustable Output Regulator

# typical applications (con't)



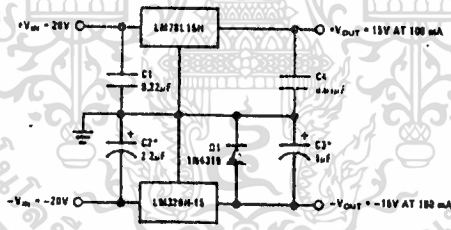
$I_{out} = (V_{in}/R1) \cdot I_o$   
 $\Delta I_o = 1.5 \text{ mA over line and load changes}$

**Current Regulator**

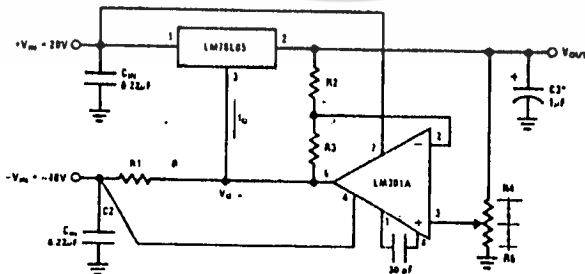


\*Solid leadform.  
 \*\*Max pin D1  
 \*\*\*Optional: Improves ripple rejection and transient response.  
 Load Regulation: 0.2% @  $I_o \leq 250 \text{ mA}$  point with  $I_{out} = 50 \text{ mA}$ .

**5V, 500 mA Regulator with Short Circuit Protection**



\*Solid tantalum.  
**±15V, 100 mA Dual Power Supply**



\*Solid tantalum  
 $V_{out} = V_d + 5V \cdot R1 / (-V_{in}/I_o \text{ Loadless})$   
 $V_{out} = 5V (R2/R4) \text{ for } (R2 + R3) = (R4 + R5)$   
 A 0.5V output will correspond to  $(R2/R4) = 0.1$ ,  $(R3/R4) = 0.8$

**Variable Output Regulator 0.5V – 18V**

### 5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL			High-Speed TTL			Low-Power Schottky TTL			Standard TTL			Low-Power TTL			
	Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		Device Type	Package		
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF	
T. I.	SN54S04	J		1A	SN54M04	J		1A	SN74LS04	J		1A	SN74S04	J		1A
	SN74S04	J		1A	SN74M04	J		1A	SN74LS04	J		1A	SN74S04	J		1A
FAIRCHILD	F154S04	D		1A	F154M04	D		1A	F154LS04	D		1A	F154S04	D		1A
	FC154S04	D		1A	FC154M04	D		1A	FC154LS04	D		1A	FC154S04	D		1A
MOTOROLA					MC3104	L		1A					MC5404	L		1A
					MC3008	L		1A	SN74LS04	J		1A	MC7404	L		1A
N. S. C.	DM74S04	J		1A	DM74M04	J		1A	DM74LS04	J		1A	DM74S04	J		1A
PHILIPS	N74S04	J		1A	74M04	J		1A	N74LS04	J		1A	FJH241 7404	J		1A
SIGNETICS	S54S04	F		1A	S54M04	F		1A	N74LS04	J		1A	S5404	F		1A
	N74S04	F		1A	N74M04	F		1A	N74LS04	J		1A	N7404	F		1A
SIEMENS													FLH211	J		1A
FUJITSU									74LS04	J		1A	MB418	L		1A
HITACHI	HD74S04	J		1A					HD74LS04	J		1A	HD7404	J		1A
MITSUBISHI	M5504	J		1A					M74LS04	J		1A	M53204	J		1A
NEC	74S04	J		1A					74LS04	J		1A	μPB235	J		1A
TOSHIBA													TD3404A	J		1A

#### Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

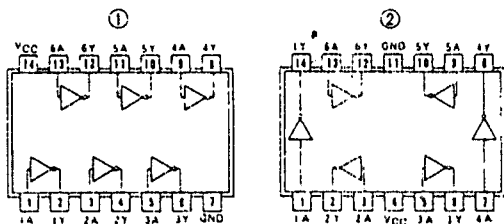
absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating power	SN54LS3	-55°C to 125°C
Input voltage	7V	temperature range	SN74LS3	0°C to 70°C
		Storage temperature range		-55°C to 150°C
recommended operating conditions				
	SN54LS04		SN74LS04	
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	MIN	NOM	MAX	MIN
High-level output current, I <sub>OH</sub>	4.5	3	3.5	4.5
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			-400	
Operating free-air temperature, T <sub>a</sub>	-55		125	0

#### electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

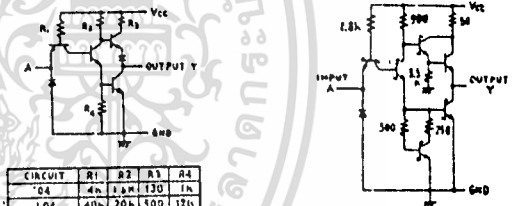
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V <sub>IH</sub>	High-level input voltage		2		V
V <sub>IL</sub>	Low-level input voltage			0.8	V
V <sub>I</sub>	Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, I <sub>I</sub> = -18 mA		-1.5	V
V <sub>OH</sub>	High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>I</sub> L = V <sub>I</sub> L max, I <sub>OH</sub> = MAX	2.7	3.4	V
V <sub>OL</sub>	Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN, V <sub>I</sub> H = 2V, I <sub>OL</sub> = 4mA		0.4	V
I <sub>I</sub>	Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> = 7V	0.1		mA
I <sub>IH</sub>	High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> H = 2.7V	20		μA
I <sub>IL</sub>	Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX, V <sub>I</sub> L = 0.4V	-0.4		mA
I <sub>OS</sub>	Short-circuit output current *	V <sub>CC</sub> = MAX	20	-100	mA
I <sub>COH</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, Total, outputs high	1.2	2.4	mA
I <sub>COL</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX, Total, outputs low	3.6	6.0	mA
I <sub>CC</sub>	Supply current	V <sub>CC</sub> = 5V, Average per gate (50% duty cycle)	0.4		mA
t <sub>PLH</sub>	Propagation delay time, low-to-high-level output	V <sub>CC</sub> = 5V, T <sub>a</sub> = 25°C, C <sub>L</sub> = 15PF, R <sub>L</sub> = 2kΩ	9	15	ns
t <sub>PHL</sub>	Propagation delay time, high-to-low-level output		10	15	ns

#### Pin Assignments (Top View)



positive logic:  
Y =  $\bar{X}$

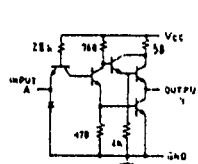
#### Schematics (each gate)



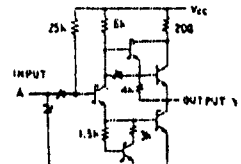
Input clamp diodes not on SN54LS04/SN74LS04 circuits.

'04, '04 CIRCUITS

'S04 CIRCUIT



'H04 CIRCUIT



'LS04 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>a</sub> = 25°C.

\* Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54LS04, SN74LS04 and SN54S04, SN74S04, duration of short-circuit should not exceed 1 second.

5486/7486 Quadruple 2-Input Exclusive-OR Gate

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	C	P	M	
T.I.	SN54986	J	□	W				SN54LS86	J	□	W	SN5486	J	□	W	SN54LS86	J	□	W	
	SN74S86	J	□	W				SN74LS86	J	□	W	SN7486	J	□	W	SN74LS86	J	□	W	
FAIRCHILD	FMS486 / FMS586	D	□	D				FM5486 / FM586	D	□	D	FMS486 / FM3986	D	□	D					
	FC74S86 / FC9586	D	□	D				FC7486 / FC986	D	□	D									
MOTOROLA								SN74LS86	P	□		MC7486	P	□						
N.S.C.	DM74S86	P	□					DM54LS86	P	□		DM5486	P	□		DM54LS86	P	□		
								DM74LS86	P	□		DM7486	P	□		DM74LS86	P	□		
PHILIPS	N74S86							N74LS86				FJH271/7486								
S.GNETICS	55486							N74LS86	A	□		S5486	F	□	A	W				
	N74S86											N7486	F	□	A	W				
SIEMENS												FLH341								
FUJITSU								74LS86	M	□		MB449								
HITACHI	HD74S86							HD74LS86	P	□		HD7486 / HD2526								
MISUBISHI								M74LS86	P	□		M53286								
NEC								74LS86	C	□		PB2086								
TOSHIBA												TD7486								

Electrical Characteristics SN54LS86/SN74LS86

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V <sub>CC</sub>	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	-55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 10°C
		Storage temperature range		-65°C to 150°C

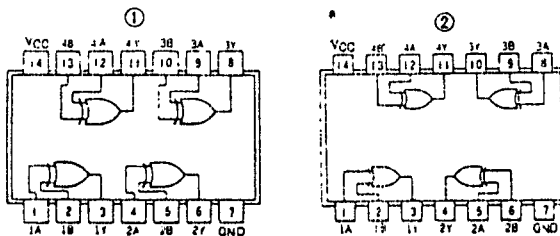
recommended operating conditions

	SN54LS86		SN74LS86		UNIT	
	MIN	NOM	MAX	MIN		
Supply voltage, V <sub>CC</sub>	4.5	5	5.5	4.75	5	V
High-level output current, I <sub>OH</sub>			-800		-800	μA
Low-level output current, I <sub>OL</sub>			4		4	mA
Operating free-air temperature, T <sub>A</sub>	-55	125	0	10	10	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

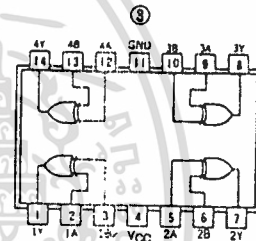
PARAMETER *	TEST CONDITIONS †	SN74LS86		UNIT	
		MIN	TYP ‡		MAX
V <sub>IH</sub> High-level input voltage			2	V	
V <sub>IL</sub> Low-level input voltage			0.8	V	
V <sub>I</sub> Input clamp voltage	V <sub>CC</sub> = MIN. I <sub>I</sub> = -18mA			-1.5	V
V <sub>OH</sub> High-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN. V <sub>IH</sub> = 2V. V <sub>IL</sub> = V <sub>IL</sub> max. I <sub>OH</sub> = -400μA	2.7	3.4	V	
V <sub>OL</sub> Low-level output voltage	V <sub>CC</sub> = MIN. V <sub>IH</sub> = 2V. V <sub>IL</sub> = V <sub>IL</sub> max. I <sub>OL</sub> = 4mA	0.25	0.4	V	
I <sub>I</sub> Input current at maximum input voltage	V <sub>CC</sub> = MAX. V <sub>IH</sub> = 2V. V <sub>IL</sub> = V <sub>IL</sub> max. I <sub>OL</sub> = 8mA	0.35	0.5	μA	
I <sub>IH</sub> High-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX. V <sub>I</sub> = 7V		0.2	mA	
I <sub>IL</sub> Low-level input current	V <sub>CC</sub> = MAX. V <sub>I</sub> = 2.7V		40	μA	
I <sub>OS</sub> Short-circuit output current	V <sub>CC</sub> = MAX. V <sub>O</sub> = 0.4V. V <sub>CC</sub> = MAX.		-0.8	mA	
I <sub>CC</sub> Supply current	V <sub>CC</sub> = MAX. See Note 2		-5	-42	mA
t <sub>PLH</sub> (from A or B) input	Other input low. V <sub>CC</sub> = 5V. T <sub>A</sub> = 25°C. C <sub>L</sub> = 15pF. R <sub>L</sub> = 2kΩ		12	23	ns
t <sub>PHL</sub> (from A or B) input	Other input high		10	17	ns
t <sub>PLH</sub> (from A or B) input	Other input high		20	30	ns
t <sub>PHL</sub> (from A or B) input	Other input low		13	22	ns

Pin Assignments (Top View)



positive logic: Y = A ⊕ B = AB + AB

positive logic: Y = A ⊕ B = AB + AB



positive logic: Y = A ⊕ B = AB + AB

Function Table

INPUTS		OUTPUT Y
A	B	
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = High-level L = Low-level

NOTE: I<sub>CC</sub> is measured with the inputs grounded and the outputs open.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.

‡ All typical values are at V<sub>CC</sub> = 5V, T<sub>A</sub> = 25°C.

• Not more than one output should be shorted at a time.

t<sub>PLH</sub> propagation delay time, low-to-high-level output

t<sub>PHL</sub> propagation delay time, high-to-low-level output

## μPB551C ไอซีหารความถี่แบบเลือกตัวหารได้

เป็นไอซีหารความถี่แบบปริสเกลลาร์เหมือนกับ SP86B0B แต่หารความถี่ได้ต่ำกว่า สามารถหารความถี่ได้สูงสุด 150 MHz หน้าตาตัวจริงของμPB551C แสดงดังรูป เป็นไอซี ขนาด 8 ขาตัวตั้งเป็นแบบพลาสติก ขนาดตัวพอ ๆ กับไอซีออปแอมป์ธรรมดาส่วนในรูป เป็นโครงสร้างภายในและการจัดขาของμPB551C

ไอซีตัวนี้สามารถเลือกตัวหารได้ 6 ระดับคือ 1/10, 1/11, 1/20, 1/22, 1/40 และ 1/44 โดยกำหนดระดับลอจิกที่ขา  $M_1, M_2$  และ  $M_3$  ตามตาราง และจาก โครงสร้างภายในจะเห็นว่า เป็นแบบง่าย ๆ มีวงจรขยายทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่เข้ามา ซึ่ง ก็คือสัญญาณที่เราต้องการหารความถี่ให้ลดลงนั่นเอง ขนาดความแรงของสัญญาณอินพุตต้อง ไม่น้อยกว่า 150 mVp-p และมีวงจรหารครึ่งอยู่สองภาค วงจรหาร 1/10 หรือ 1/11 อีก ภาคหนึ่ง วงจรหารทั้งหมดนี้ถูกควบคุมด้วยขาควบคุมอัตราส่วนตัวหาร ซึ่งก็คือขา  $M_1, M_2$  และ  $M_3$  นั่นเอง สัญญาณเอาต์พุตที่ได้สามารถนำไปขับอุปกรณ์ประเภท CMOS ได้โดยตรง

### คุณสมบัติของμPB551C

- สามารถหารความถี่ได้สูงสุด 150MHz
- ความถี่ใช้งานอยู่ในย่าน 1MHz - 150MHz
- สามารถเลือกอัตราส่วนตัวหารได้ 6 ระดับ
- สัญญาณอินพุตต่ำสุด 150mVp-p
- สัญญาณเอาต์พุต 4Vp-p และสามารถขับอุปกรณ์ CMOS ได้ทันที
- แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์
- กำลังสูญเสียต่ำเพียง 190mV เท่านั้น

### การนำไปใช้งาน

สามารถนำไปใช้งานเป็น ปริสเกลลาร์ให้กับวงจรมับ ซึ่งจะทำให้วงจรมับสามารถนับ ได้สูงขึ้นนั่นเอง หรือจะใช้เป็นตัวหารความถี่ในวงจรเฟสล็อกแบบดิจิทัลก็ได้

ในการใช้งานจริง ขั้วอินพุต  $M_1, M_2$  และ  $M_3$  ควรต่อกับกราวด์หรือแหล่งจ่ายไฟที่มีเสถียรภาพดีพอควร เพราะเป็นตัวกำหนดการทำงานของวงจรหารครึ่งทั้งสองวงจร

ถ้าใช้อัตราส่วนตัวหาร 1/10 หรือ 1/11 ขนาดความแรงของสัญญาณอินพุตควรไม่ต่ำกว่า 400mVp-p และถ้าเป็นอัตราส่วนตัวหารอื่นๆ ขนาดความแรงของสัญญาณอินพุตก็ควร ไม่ต่ำกว่า 150mVp-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. ทรงชัย วีระวิวัฒ  
"เทคนิคการออกแบบวงจรดิจิทัล",  
วารสารเซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์,  
ฉบับที่ 104 หน้า 292 พค.2534
2. กองบรรณาธิการ  
"ไอซีน่าสน", วารสารเซมิคอนดักเตอร์  
อิเล็กทรอนิกส์, ฉบับที่ 93 หน้า 280 พค.2532
3. คู่มือ LSI เล่ม 1  
บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด พค.2522



## กิติกรรมประกาศ

ในการทำปริญญานิพนธ์หัวข้อเรื่อง เครื่องนับความถี่ 100 เมกกะเฮิรตซ์ ผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิชัย สุรพันธ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยให้ความช่วยเหลือดูแล และให้คำปรึกษาเกี่ยวกับข้อมูลต่างๆ ในการจัดทำผลงานในครั้งนี้ อย่างใกล้ชิด และชี้แนะแนวทางแก้ไขจนทำให้ การทำปริญญานิพนธ์ในครั้งนี้สำเร็จลงด้วยดี

และต้องขอขอบคุณ คุณ ณัฐวัฒน์ วรรณสถิตย์ คุณ สิบพงศ์ เกตทอง คุณ รุ่งอรุณ รักษาสัตย์ และคุณ วัลลภ สงวนสมบัติศิริ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมือในการทดลอง ทำให้การทำงานในครั้งนี้มีความสะดวกรวดเร็ว และสำเร็จได้ด้วยดี

