



ระบบวัดการย่อย
ด้วยการวัดอิมพีแดนซ์

Assessment of gastric emptying by impedance technique



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

034942

ปีการศึกษา 2537

ภาควิชา อีเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

ชื่อโครงการ ระบบวัดการย่อยด้วยการวัดอิมพีแดนซ์

ผู้ร่วมงาน 1. นายสุเทพ บุระมาน รหัสประจำตัว 35103213

2. นายอุดม อุเทนรัตน์ รหัสประจำตัว 35103218

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ดร. กิติพล ชิตสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบวัดการย่อยด้วยการวัดอิมพีแดนซ์

นายสุเทพ บุระมาน

นายอุดม อุเทนรัตน์

อาจารย์ที่ปรึกษา :

ดร. กิตติพล ชิตสกุล

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการพัฒนา เครื่องมือและวิธีการวัดอัตราการย่อยของอาหารของ กระเพาะมนุษย์หรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยวิธีวัดอิมพีแดนซ์ของร่างกายผ่านทางผิวหนังบริเวณ ช่องท้อง โดยอุปกรณ์ที่ใช้วัดอิมพีแดนซ์แบบอิมพีแดนซ์ 4 ขั้ว ซึ่งถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้ศึกษาการย่อยของกระเพาะอาหาร อุปกรณ์จะจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 4 มิลลิแอมป์ ความถี่ 100 กิโล-เฮิรตซ์ ผ่านอิมพีแดนซ์ชนิด ซิลเวอร์ ซิลเวอร์-คลอไรด์ คู่หนึ่งบนผิวหนังช่องท้องด้านบน และจะทำให้เกิดศักดาไฟฟ้าขึ้นระหว่างขั้วอิมพีแดนซ์คู่ที่ 2 ตามการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ของ กระเพาะอาหาร ที่ตอบสนองต่อกระแสไฟฟ้าที่ป้อนให้ ค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จะถูกแปลงให้เป็น สัญญาณดิจิตอล แล้วส่งไปประมวลผลที่ไมโครคอมพิวเตอร์ เทคนิคที่ใช้นี้เป็นวิธีวัดฟังก์ชันการ ทำงานของอวัยวะภายในได้ โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์หรือเครื่องมือใด ๆ ล่วงล้ำเข้าไปในร่างกาย อีกทั้งราคาถูกและไม่ซับซ้อนมากนัก สามารถนำมาใช้ตรวจวัดการย่อยได้เป็นอย่างดี ผลของ การวัดการย่อยโดยใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนี้ จะแสดงผลให้เห็นกราฟของค่าอิมพีแดนซ์ที่เวลาใด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Assessment of gastric emptying by impedance technique

Mr. Suthep Buraman

Mr. Udom Utenrat

Advisor:

Dr. Kitipon Chitsakul

Abstract

Gastric emptying is one of the most important physiological function in the gastrointestinal tract. This thesis present the design and construction of a tetrapolar epigastric impedance equipment for measuring the epigastric impedances change occurred after gastric filling. A constant amplitude sinusoidal current of 4 mA at 100 kHz is applied between two pregelled cutaneous silver-silver chloride electrodes. Fluctuations of the current as it passed through the epigastric region are collected via a pair of similar electrode, amplified, and record on microcomputer. This equipment will be used, as a non-invasive methode, to determine some disorders of a gastric emptying in certain conditions. A result of *in vivo* test by this equipment is also shown.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
- บทนำ	1
- จุดประสงค์	1
บทที่ 2 หลักการของการวัดอิมพีแดนซ์	2
บทที่ 3 การประยุกต์ใช้วิธีการวัดอิมพีแดนซ์กับการวัดการย่อยของกระเพาะอาหาร	9
บทที่ 4 วงจร การทำงาน และการนำไปใช้งาน	15
- รูปวงจร	16
- การทำงานของวงจร	21
- การนำไปใช้งาน	29
บทที่ 5 การทดลอง	34
- วัตถุประสงค์	34
- อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	34
- ลำดับขั้นตอนการทดลอง	34
- ผลการทดลอง	36
- สรุปผลการทดลอง	39
หนังสืออ้างอิง	
กิตติกรรมประกาศ	
ภาคผนวก	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

จากกรณีที่นักวิทยาศาสตร์ได้ศึกษาค้นคว้าและทำการวิจัย เกี่ยวกับคุณสมบัติทางไฟฟ้าของร่างกายมนุษย์ จนประสบผลสำเร็จแล้วในระดับหนึ่ง และได้เผยแพร่ผลงานวิจัยเหล่านี้ออกมา สิ่งเหล่านี้เป็นประโยชน์อย่างมากทางการแพทย์ จึงได้มีการคิดค้นเครื่องมือที่จะตรวจวัดและวิเคราะห์ผลทางไฟฟ้าของร่างกายมนุษย์ เพื่อนำไปประกอบการวินิจฉัยโรคของแพทย์ ตลอดจนใช้ในขั้นตอนการบำบัดรักษาอีกด้วย โครงการนี้ก็ได้สร้างและพัฒนามาจากผลการวิจัย เรื่องการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของช่องท้องในบริเวณกระเพาะอาหาร ที่มีต่อไฟฟ้ากระแสสลับ 4 มิลลิแอมป์ 100 กิโลเฮิร์ต ในช่วงเวลากระเพาะว่าง เมื่อตีพิมพ์ของเหลวที่ฉีดทดสอบเข้าไปขณะย่อย และเมื่อย่อยหมด ข้อมูลที่ได้จะนำมาแสดงเป็นกราฟในรูปของค่าอิมพีแดนซ์ที่เวลาใด ๆ แพทย์สามารถนำกราฟนี้ไปใช้เป็นประโยชน์ในการรักษาคนไข้ได้ อีกทั้งยังมีการเก็บรูปภาพการย่อยของแต่ละคนไว้ เป็นทะเบียนประวัติ เพื่อประโยชน์ในการอ้างอิงได้ภายหลัง

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของช่องท้องบริเวณกระเพาะอาหาร เมื่อปริมาตรของกระเพาะอาหารเปลี่ยนแปลงไป
2. เพื่อศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องมือตรวจวัดค่าอิมพีแดนซ์ดังกล่าวได้
3. สามารถนำความรู้ที่ได้มาสร้างและพัฒนาเครื่องมือให้ใช้ในทางการแพทย์ได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการของการวัดอิมพีแดนซ์

การทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ทำให้เราสามารถรับรู้ข้อมูลบางอย่าง ที่เกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงหรือเคลื่อนไหวของ เนื้อเยื่อและอวัยวะภายใน ประโยชน์ที่ได้รับคือข้อมูลเพื่อช่วยในการวินิจฉัยอาการผิดปกติบางอย่างของร่างกาย ในที่นี้จะแสดงถึงพื้นฐานเบื้องต้นของเทคนิคการวัดอิมพีแดนซ์

ค่าความต้านทานจำเพาะของสารชีวภาพ

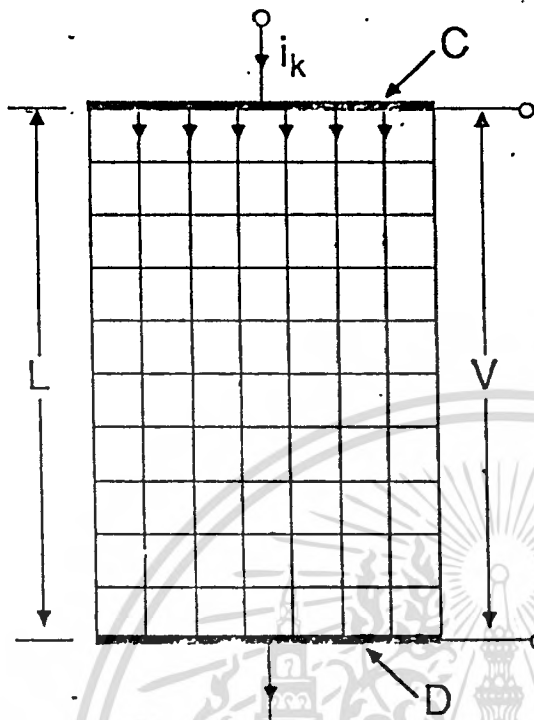
สารชีวภาพ เช่น เลือดและกล้ามเนื้อนั้นถือว่าเป็นวัตถุที่มีค่าความนำไฟฟ้า เมื่อเทียบกับ วัตถุที่จัดอยู่พวกตัวนำ (เช่น ทองแดง) ในย่านความถี่ใช้งานของการวัดอิมพีแดนซ์ (ความถี่ต่ำกว่า 1 เมกกะเฮิรตซ์) ตารางที่ 2.1 แสดงค่าตัวอย่างความต้านทานจำเพาะของสารชีวภาพ เทียบกับตัวนำ ซึ่งที่ความถี่สูงกว่ค่าของสารชีวภาพจะมีค่าความต้านทานสูงขึ้น จนมีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ความถี่สูงมาก ๆ ความถี่ที่ถูกลำบากใช้งานสำหรับหาค่าอิมพีแดนซ์ของร่างกายมนุษย์ จะมีค่าอยู่ระหว่าง 20 ถึง 100 กิโลเฮิรตซ์ ค่าต่ำสุดที่ 20 กิโลเฮิรตซ์เป็นค่าที่เหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้ "สัญญาณอิมพีแดนซ์" ถูกรบกวนจากสัญญาณอื่น ๆ เช่น ECG, EEG และ EMG นอกจากนี้ยังป้องกันไม่ให้กล้ามเนื้อหรือปลายประสาทถูกกระตุ้น จากค่ากระแสที่ใช้ในการวัด ซึ่งมีความเข้มเพียงไม่กี่มิลลิแอมแปร์

Material	Resistivity (ρ) ohm/cm
Blood	150
Plasma	63
Cerebrospinal fluid	30
Urine	30
Skeletal muscle	300
Cardiac muscle	750
Lung	1275
Fat	2500
Copper	1.724×10^{-6}

ตารางที่ 2.1

การเปลี่ยนแปลงค่าอิมพีแดนซ์ของแหล่งกำเนิด เกิดขึ้นเนื่องจากแหล่งกำเนิดมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งเราสามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้ได้โดยพิจารณาจากความต้านทานจำเพาะของช่วงที่กำลังพิจารณา รูปที่ 2.1 แสดงชิ้นวัตถุสี่เหลี่ยมในสองมิติที่มีค่าความนำจำเพาะเท่ากันทุก ๆ จุด ให้เซลล์นี้มีความถี่สัมพันธ์กับจำนวนในอุดมคติ มีอิเล็กโทรด C และ D ซึ่งมีขนาดเท่ากับหน้าตัดของวัตถุและเป็นตัวนำในอุดมคติ จ่ายกระแสค่าคงที่ i_k ผ่านเข้าไปในชิ้นวัตถุ กระแสที่ไหลในเนื้อสารจะมีความเข้มกระแสเท่ากันทุก ๆ จุด และมีรูปแบบของความต่างศักย์เกิดขึ้นดังแสดงเป็นเส้นขวางในรูป ภายใต้เงื่อนไขทั้งหมดนี้ค่าความต้านทานของวัตถุแสดงได้เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$R = V/i_k = \rho L/A$$

เมื่อ R คือความต้านทาน

V คือแรงดันที่เกิดขึ้น

i_k คือค่ากระแสคงที่ที่ไหลผ่านวัตถุ

ρ คือค่าความต้านทานจำเพาะ

L คือความยาวของวัตถุ

A คือพื้นที่หน้าตัดของวัตถุ

ดังนั้น $\rho = R A/L$

รูปที่ 2.1

แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ที่จะเกิดค่าแรงดันเล็ก ๆ ขึ้นที่รอยต่อของอิเล็กโทรดทั้งสอง ทำให้ค่าแรงดันที่วัดได้เกิดความผิดพลาดขึ้น การกำจัดค่าผิดพลาดนี้ซึ่งที่ใช้ต้องสามารถทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางความยาว L ได้ หมายความว่าวัตถุที่ใช้ต้องเป็นของเหลวการวัดจึงจะใช้ค่า L สองค่าที่แตกต่างกันได้ ทั้งนี้ก็จะสามารถกำจัดผลกระทบจากค่าแรงดันที่ไม่ต้องการได้

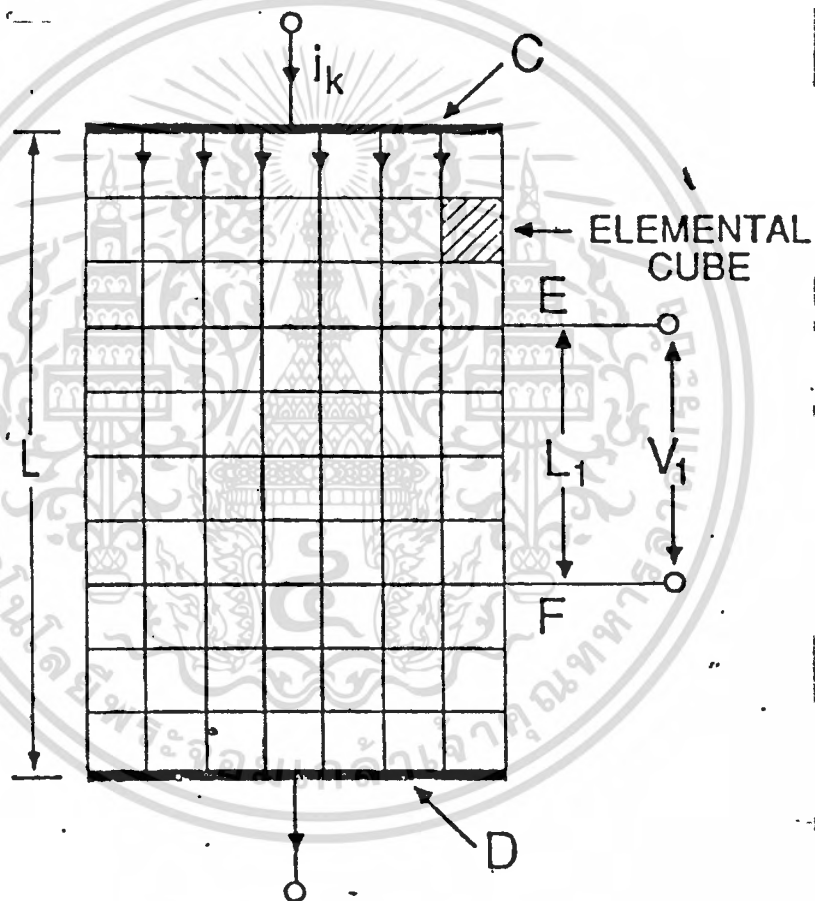
เมื่อความเข้มของกระแสได้กระจายออกในเซลล์เป็นแบบยูนิฟอร์ม (uniform) เส้นแสดงความต่างศักย์ที่เกิดขึ้น (ซึ่งปกติจะตั้งฉากกับเส้นแสดงกระแสเสมอ) จะมีลักษณะขนานกันไปตามแนวอน และค่าความต้านทานจำเพาะของวัตถุก็สามารถแสดงได้จากแรงดันที่เกิดขึ้นระหว่างคู่อิเล็กโทรด E, F ที่เพิ่มเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 2.2 อิเล็กโทรดนี้จะต้องมีลักษณะบางมาก ๆ ยึดติดภายในผนังของเซลล์และตั้งอยู่ในระนาบเดียวกับเส้นความต่างศักย์ เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบใด ๆ ต่อการไหลของกระแสในเซลล์ อุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการวัดแรงดันซึ่งปรากฏขึ้นที่อิเล็กโทรด E, F จะต้องมีความอิมพีแดนซ์สูง (ในทางอุดมคติต้องมีค่าเป็นอนันต์) เพื่อไม่ให้เกิดผลกระทบต่อกระแส ดังนั้นจะได้ว่า

$$R_1 = \rho L/A \quad \text{และค่าของ } \rho = R_1 A/L_1$$

$$\text{เขียนได้เป็น } R' = \rho L'/A'$$

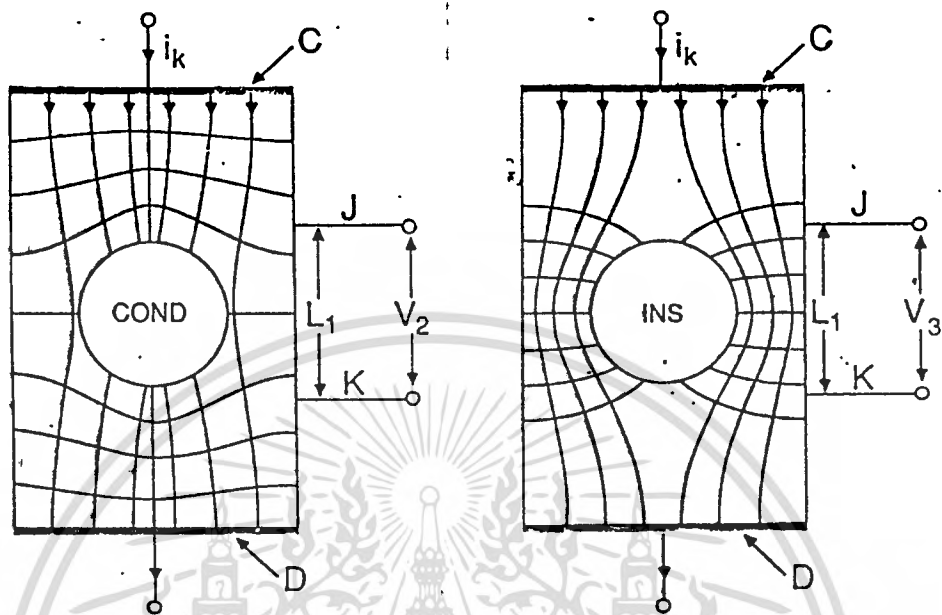
เมื่อ L' คือระยะห่างระหว่างเส้นความต่างศักย์

และ A' คือพื้นที่หน้าตัดของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3

รูปที่ 2.4

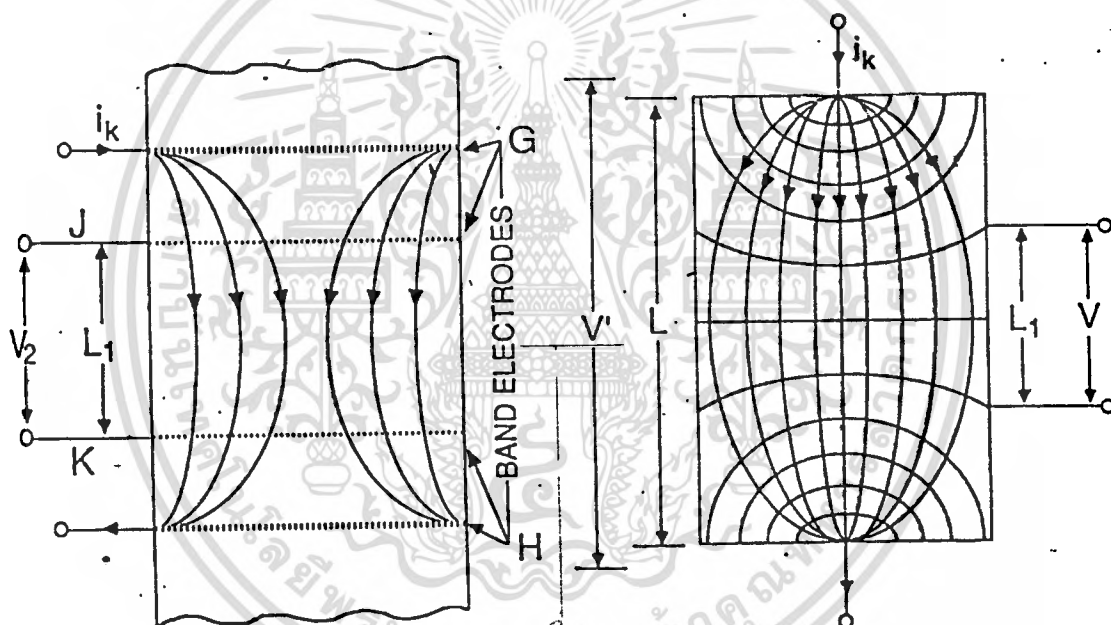
รูปที่ 2.3 นาฬิการูปทรงกลมที่มีค่าความนำสูง เช่นทองแดง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า L_1 เล็กน้อย ตั้งอยู่บนแกนของเซลล์ที่ค้ำเหน่งระหว่างอิเล็กโทรด J, K ภายในเซลล์เติมเต็มไปด้วยน้ำเกลือ เส้นแรงแม่เหล็กที่กระแสวิกซระหว่างอิเล็กโทรด C และ D จะถูกดูดเข้าไปโดยตัวนำรูปทรงกลม เนื่องจากมันมีความนำสูงกว่าน้ำเกลือ เส้นทางของกระแสที่เบี่ยงเบนไปจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กต่างศักย์ต่างออก ค่าแรงดันระหว่างอิเล็กโทรด J, K จึงมีค่าน้อยลง

ถ้าเปลี่ยนตัวนำทรงกลมภายในเป็นฉนวนทรงกลมที่มีขนาดเท่ากันแทน เส้นทางของกระแสก็จะเป็นดังรูปที่ 2.4 คือความเข้มของกระแสจะมีค่าสูงที่ภายนอก เนื่องจากกระแสหลักเลี้ยวออกจากฉนวนทรงกลมค่าความต่างศักย์ที่เกิดขึ้นที่อิเล็กโทรดทั้งสองก็จะมีค่าเพิ่มขึ้น

หรืออาจใช้การเปลี่ยนขนาดของทรงกลมภายในแทนก็จะได้ผลเช่นเดียวกัน จึงสรุปได้ว่า เราสามารถตรวจจับสนการเปลี่ยนแปลงของวัตถุภายในเซลล์ได้ ทั้งด้านความนำไฟฟ้าและขนาดหรือปริมาตร โดยไม่ต้องมีการสัมผัสกับวัตถุ แต่ใช้การผ่านกระแสค่าคงที่เข้าไปในเซลล์แล้ววัดค่าแรงดันในบริเวณที่ต้องการออกมาแทน ความรู้นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการ

เอกสาคัพพท์ เพื่อวินิจฉัยการเคลื่อนไหวกหรือการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะภายในได้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถคิดอิเล็กโทรดปิดหัวท้ายของช่วงที่ต้องการวัดได้แบบในรูปที่ 2.1 ถึงรูปที่ 2.4 จะทำได้ก็เพียงใช้อิเล็กโทรดแบบแถบหรือแบบจุดเท่านั้น รูปที่ 2.5 แสดงเส้นกระแสเมื่อใช้อิเล็กโทรดแบบแถบปิดรอบช่วงที่ต้องการวัด และรูปที่ 2.6 แสดงเส้นกระแสและเส้นความต่างศักย์เมื่อใช้อิเล็กโทรดแบบจุด ลองเปรียบเทียบกับรูปที่ 2.2 จะเห็นว่าเมื่อใช้อิเล็กโทรดแบบจุดกระแสจะไหลไม่เป็นแบบยูนิฟอร์ม ทำให้ค่า R กับค่า V ไม่แปรผันต่อกันอย่างเป็นเชิงเส้นขึ้น และรูปที่ 2.7 แสดงการใช้อิเล็กโทรดแบบจุด 4 อันติดที่ด้านข้างของเซลล์

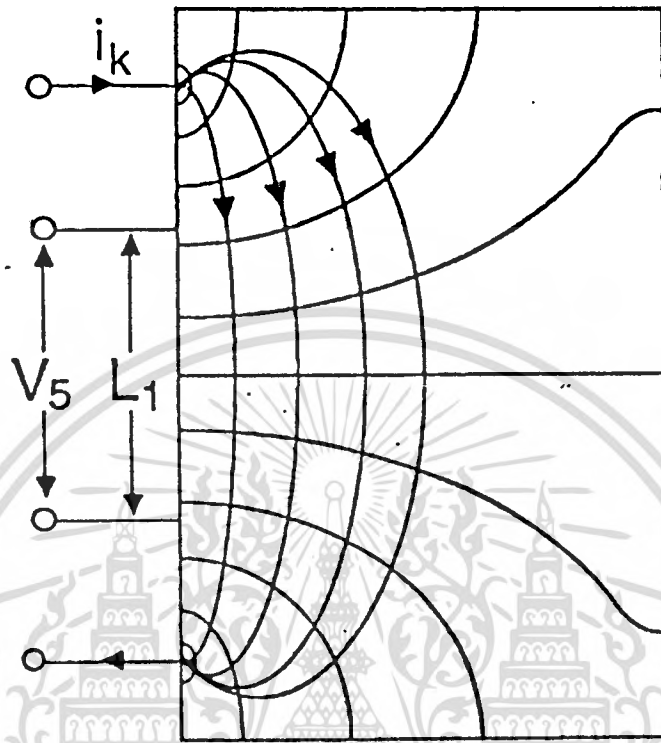


รูปที่ 2.5

รูปที่ 2.6

รูปที่ 2.5 ถึงรูปที่ 2.7 เป็นการคิดอิเล็กโทรดที่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ ซึ่งเห็นข้อเสียได้ชัดเจน คือ เส้นกระแสไม่เป็นแบบยูนิฟอร์ม แต่จะมีความเข้มข้นที่บริเวณขั้วอิเล็กโทรดมากกว่าบริเวณอื่น ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ตรวจจับได้ที่อิเล็กโทรดจึงไม่ได้เป็นเชิงเส้นกับการเปลี่ยนแปลงภายใน และขึ้นอยู่กับตำแหน่งของอิเล็กโทรดทั้ง 4 อย่างไรก็ตามในการนำมาประยุกต์ใช้กับการวัดอิมพีแดนซ์ของกระเพาะอาหาร โดยการเลือกจุดคิดอิเล็กโทรดที่เหมาะสม

เอกสารนี้ สมิจะสามารถให้ค่าที่เกือบเป็นเชิงเส้นได้ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การประยุกต์ใช้วิธีการวัดอิมพีแดนซ์กับการวัดการย่อยของกระเพาะอาหาร

การใช้วิธีวัดอิมพีแดนซ์ (impedance method) เป็นวิธีที่ชี้แสดงการเปลี่ยนแปลง ปริมาณของอวัยวะภายในได้อย่างแม่นยำ โดยไม่ต้องมีอุปกรณ์ใด ๆ ส่องลำเข้าไปในร่างกาย (non-invasive) จึงทำให้สะดวกปลอดภัยและมีราคาถูก วิธีที่ใช้ก็คือใช้กระแสไฟฟ้าที่มีความ เข้มต่ำกว่าค่าที่ทำให้เยื่อหุ้มเซลล์เกิดกระบวนการมีขั้วเป็นกลาง (depolarize) และต่ำกว่า ค่าที่ปลายประสาท จะถูกกระตุ้นได้มาก ๆ (หลาย ๆ เท่า) ความถี่ที่ใช้ก็ไม่ต้องทำให้เกิดผล กระแสที่มีความสำคัญใด ๆ อันเกิดจากการไหลของกระแสที่จะต้องนำมาใช้ในการพิจารณาเช่น ความร้อน เป็นต้น

นอกจากนั้นวิธีการวัดอิมพีแดนซ์ยังให้ความไวสูง Darby (1982) ได้แสดงให้เห็นว่า วิธีการนี้มีความแม่นยำสูงกว่าการนำเข้าไมโครอิเล็กโทรดในการวัดการหดตัวของลำไส้ และ Murray (1981) ได้คำนวณไว้ว่าวิธีการนี้สามารถแสดงอาการตกเลือดในกระโหลกศีรษะที่น้อยกว่า 10 มิลลิลิตรได้

แต่ความพยายามที่จะนำวิธีวัดอิมพีแดนซ์มาใช้ข้างต้นนั้นค่อนข้างจะยุ่งยากและไม่แน่นอน เนื่องจากประสิทธิภาพในการเชื่อมต่อกับผิวหนังยังไม่ดีพอ และความแตกต่างทางสรีระ ของแต่ละบุคคลซึ่งต้องการการปรับแต่งที่แตกต่างกัน จึงต้องใช้เทคนิคที่ซับซ้อนในการใช้งานแต่ ละแบบ แต่สำหรับการวัดอัตราการย่อยของกระเพาะอาหาร เราไม่ต้องการค่าปริมาตรที่แท้ จริงของมัน สิ่งที่ต้องการก็คืออัตราการเปลี่ยนแปลงของมันเท่านั้น จึงตัดปัญหาเรื่องอื่น ๆ ไป ได้ดีมาก ส่วนการเชื่อมต่อกับผิวหนังนั้นสามารถใช้อิเล็กโทรดแบบซิลเวอร์-ซิลเวอร์ คลอไรด์ (Silver-Silver chloride) ซึ่งมีประสิทธิภาพที่ดี และให้จุดเชื่อมต่อที่มีเสถียรภาพ

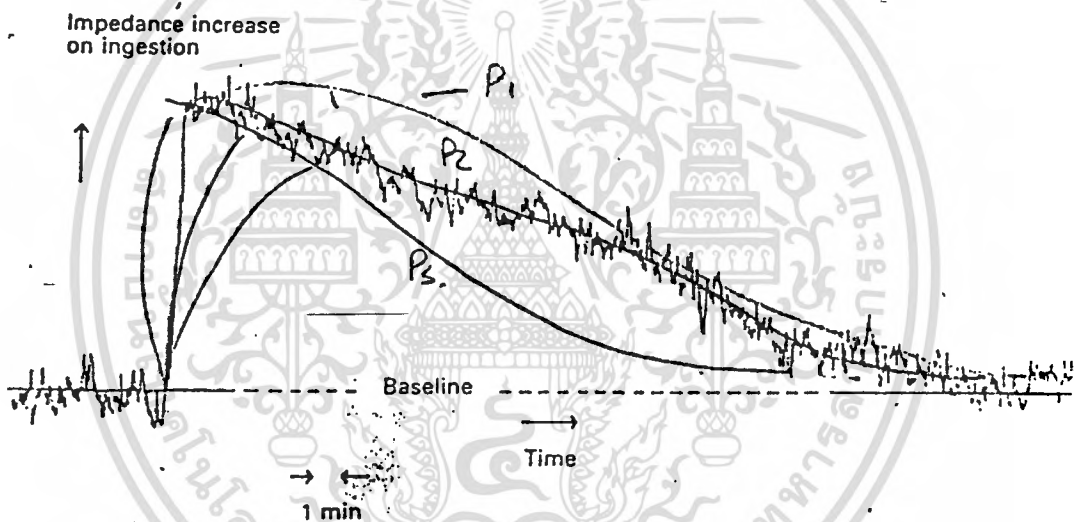
ค่าอิมพีแดนซ์รวมจะแปรผันโดยตรงกับปริมาตร เมื่อให้ค่าอิมพีแดนซ์ของสิ่งที่พิจารณา นั้นมีค่าคงที่ นี่เป็นหลักง่าย ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากเครื่องวัด ซึ่งวินิจฉัยได้โดย ไม่ต้องใช้ผู้ที่มีความเชี่ยวชาญ และสัญญาณเอาท์พุทจะเป็นแบบต่อเนื่องเพื่อความถูกต้องแม่นยำ อุปกรณ์ที่มีความทนทานต่อการเคลื่อนย้ายและมีราคาถูก ผลที่ได้ปรากฏว่ามีความเที่ยงตรงและมี รูปแบบที่ง่ายด้วย

Sutton และ McClelland (1983) ได้เขียนรายงานเกี่ยวกับการวัดอิมพีแดนซ์โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่เพื่อสาธารณชนโดยไม่คิดค่าลิขสิทธิ์ อย่างไรก็ตาม การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารอาจก่อให้เกิดความเสียหายได้

ประเภทโดยอาศัยจำนวนหนึ่ง และนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับวิธีอื่น ๆ โดยการใช้รังสี (scintigraphy) วิธีย้อมสี (dye dilution) และการดูดซึมพาราเซตามอล (paracetamol-absorption) โดยทำการเปรียบเทียบในหลาย ๆ กรณี และได้พบว่ามีความใกล้เคียงกัน นอกจากนั้น Rainbird และผู้ช่วย (1987) พบจากการทดสอบว่า การย่อยอาหารเหลวของผู้ที่ตั้งตัวตรงนั้นจะมีอัตราเร็วกว่าผู้ที่นอนหงาย

เมื่อของเหลวที่เหมาะสมถูกดื่มเข้าไปแล้ว อุปกรณ์ตรวจจะพบการเพิ่มขึ้นของค่าอิมพีแดนซ์ เมื่อกระเพาะอาหารถูกเติมจนเต็ม แสดงในรูปที่ 3.1



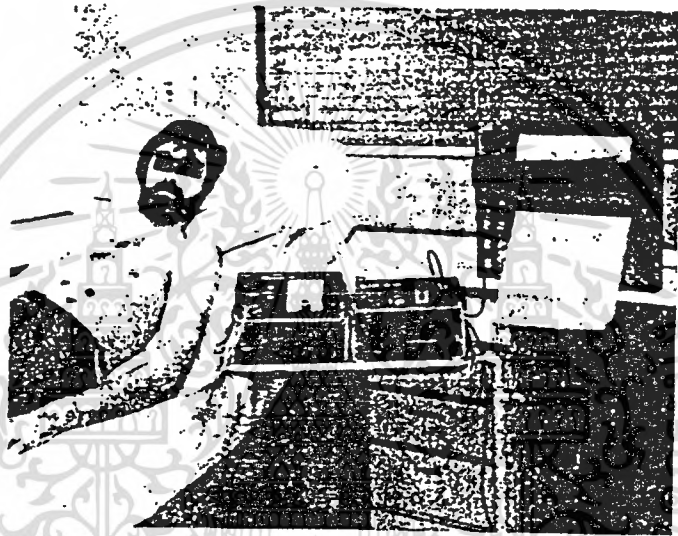
รูปที่ 3.1

ตามรูปที่ 1 พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของค่าอิมพีแดนซ์ 1-2 โอห์ม ภายหลังจากอาสาสมัคร ดื่มน้ำหรือน้ำรสส้มปริมาณ 500 มิลลิลิตร เข้าไป น้ำที่เข้าจะต้องมีอุณหภูมิที่ทำให้เกิดความหนืดน้อยที่สุด น้ำส้มคั้นตามธรรมชาติจะประกอบด้วยอิมพีแดนซ์จำนวนมาก ค่าความหนืดนี้อาจทำให้ค่าอิมพีแดนซ์ไม่เพิ่มขึ้นได้

Sutton (1988) ได้แสดงถึงค่าอิมพีแดนซ์ที่เพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของอาหารที่ได้รับ และมีค่าค่อย ๆ ลดลง โดยค่าความชันของอิมพีแดนซ์จะขึ้นกับอัตราการย่อยของกระเพาะอาหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่มอบให้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบอาสาสมัครอาจต้องอยู่ค้างคืนหรือใช้เวลาอย่างน้อยถึง 6 ชั่วโมง โดย การทดสอบจะใช้ท่าที่ให้ลักษณะอาการสบาย ๆ เพราะจะต้องใช้เวลาทดสอบเป็นเวลานานและ อาสาสมัครจะต้องเคลื่อนไหวน้อยที่สุด ส่วนลำตัวของอาสาสมัครจะต้องไม่เคลื่อนที่ออกจากท่า กึ่งนอนหงาย ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ที่ใช้ลักษณะท่ากึ่งนอนหงายนี้ เนื่องจากเป็นท่าที่อยู่ได้นาน และไม่ง่ายให้อัศจรรย์การย่อยต่ำกว่าปกติ (การตั้งตัวตรงเป็นท่าที่เหมือนจริงที่สุด)

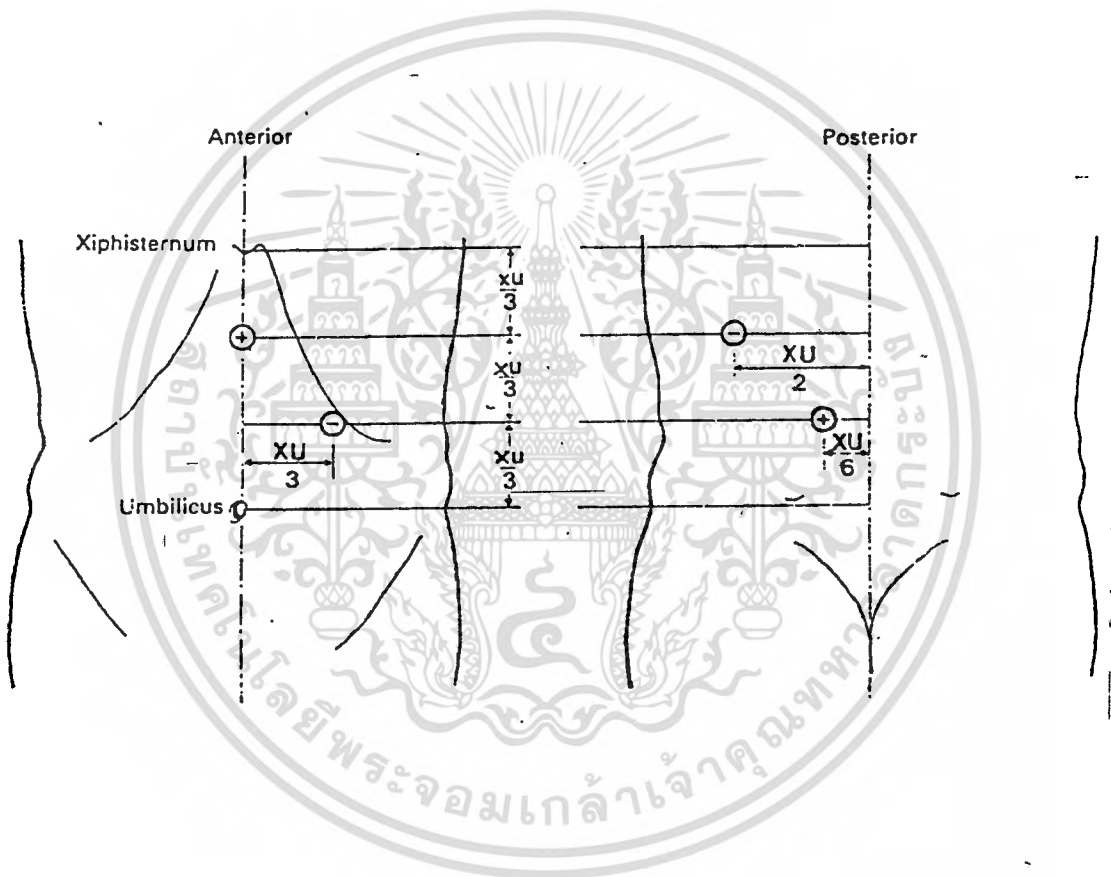


รูปที่ 3.2

รูปที่ 3.3 แสดงจุดคิดอเล็กโทรด ซึ่งเป็นช่องท้องบริเวณที่ตั้งของกระเพาะอาหาร อินทอเล็กโทรดแสดงด้วยเครื่องหมาย "+" จะติดอยู่ทางด้านหน้าบริเวณลิ้นปี่หนึ่งอัน และติด อยู่ต่ำลงมาที่ด้านหลังอีกหนึ่งอัน ดีเทคเตอร์อเล็กโทรด ซึ่งแสดงด้วยเครื่องหมาย "-" ก็จะ ติดอยู่ทางด้านหน้าและด้านหลังดังรูป อย่างไรก็ตามตำแหน่งที่ติดอเล็กโทรดจะต้องเปลี่ยนแปลง ไปบ้างตามสรีระที่แตกต่างกัน เช่นจากผู้ทดสอบปกติ จำนวน 20 คนจาก 71 คนของ Sutton พบว่า จะต้องติดอเล็กโทรดที่ตำแหน่งเคลื่อนไปบ้าง จึงทำให้ค่าวัดได้เป็นปกติ และเมื่อมีการ ควบคุมตัวแปรทางด้านน้ำหนักของผู้เข้าทดสอบ พบว่าลดจำนวนค่าที่ผิดปกติจาก 20 คน เหลือ เพียง 8 คน Pickworth (1984) ได้แนะนำไว้ว่าสำหรับคนที่มีท้องใหญ่หรืออ้วน จะต้องติด อเล็กโทรดบริเวณที่สูงขึ้นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

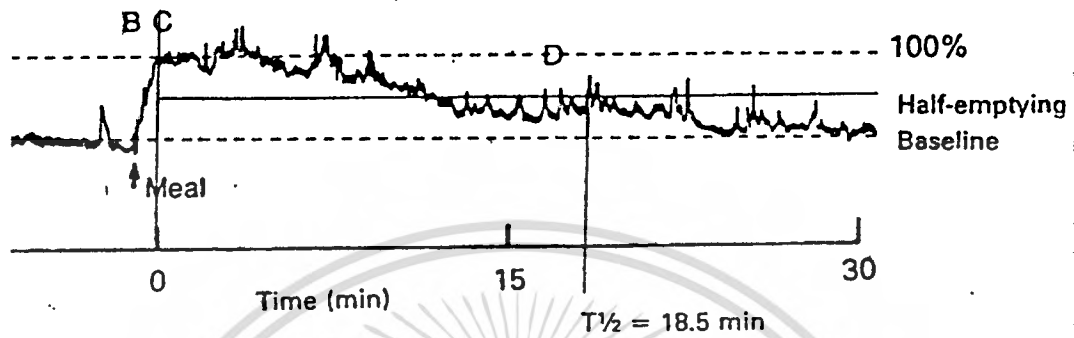
ตำแหน่งการติดอิเล็กโทรดที่ถูกต้องจริง ๆ นั้น สามารถหาได้โดยใช้เครื่องมือแบบที่มีอิเล็กโทรดหลาย ๆ ชุด เครื่องมือนี้สามารถแสดงการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ที่ใหญ่กว่าได้ ดังนั้น Brown และผู้ช่วย (1985) จึงได้พัฒนาอุปกรณ์ที่เรียกว่า "16-Electrode" ขึ้นและได้แก้ไขปรับปรุงจุดที่ต้องติดอิเล็กโทรดให้ถูกต้องกับสภาพร่างกายของแต่ละคนได้



รูปที่ 3.3

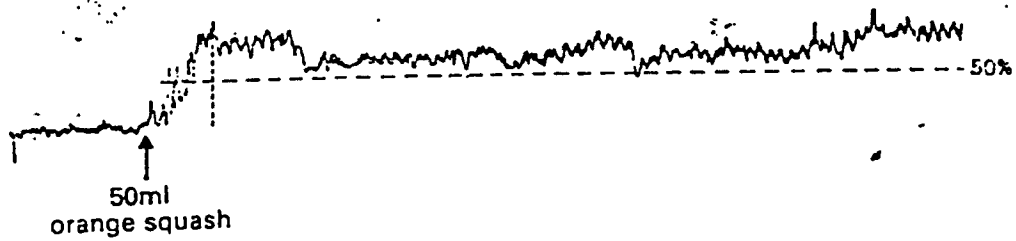
จากการทดลองมากกว่า 200 ครั้งเปรียบเทียบกับการใช้รังสีได้แบ่งกลุ่มของผู้ทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ย่อยเร็วที่สุด (T 1/2 ประมาณต่ำกว่า 8 นาที), กลุ่มปานกลาง (T 1/2 ประมาณต่ำกว่า 16 นาที), กลุ่มช้าที่สุด (T 1/2 ประมาณ 16-30 นาที) ของเหลวที่ทดสอบได้แก่ น้ารสส้มเจือจาง การคำนวณ "เวลาที่ย่อยได้ครึ่งหนึ่ง" (half emptying)

เอกสารนี้สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

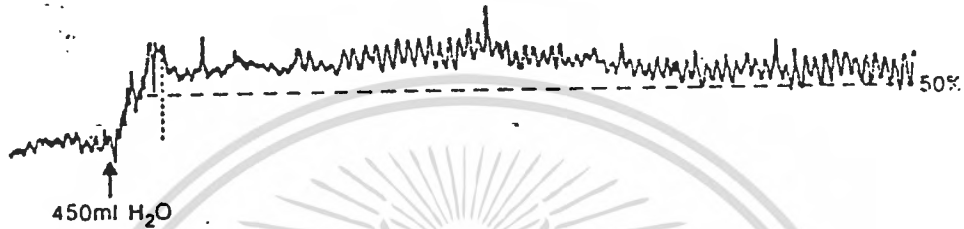


รูปที่ 3.4

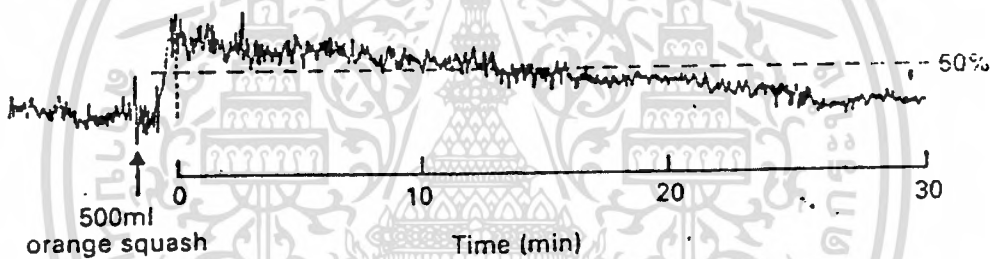
น้ำย่อยที่ขับออกมาจากกระเพาะอาหารจะเพิ่มความหนาของกระเพาะขึ้น ความหนาที่เพิ่มขึ้นนี้จะลดค่าอิมพีแดนซ์ลงและทำให้อัตราการย่อยรวดเร็วเกินความเป็นจริง อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัดแบบอื่น ค่าที่ได้ก็ยังไม่ใกล้เคียงกัน ค่าอิมพีแดนซ์ในช่วงเวลาการย่อยยังลดลงช้าๆ การลดลงของกรดน้ำย่อยมาก ๆ อาจเป็นเพราะน้ำเป็นตัวกระทำ อัตราการย่อยของกระเพาะจึงไม่เปลี่ยนแปลงไปมาก หรือเป็นไปได้ที่การไหลของกระแสน้ำไหลไปตามผิวของเนื้อเยื่อกระเพาะ, เอวช่วงท้อง จนกระทั่งค่าความหนาของกระเพาะมีจำนวนมากค่าหนึ่ง ค่าที่มากนี้มีมากกว่าค่ากระแสที่ไหลผ่านมาจากภายในกระเพาะ



Diabetic patient with autonomic neuropathy plus gastric symptoms $T_{1/2} > 30$ min



Diabetic patient – no gastric symptoms $T_{1/2} = 16$ min



รูปที่ 3.5

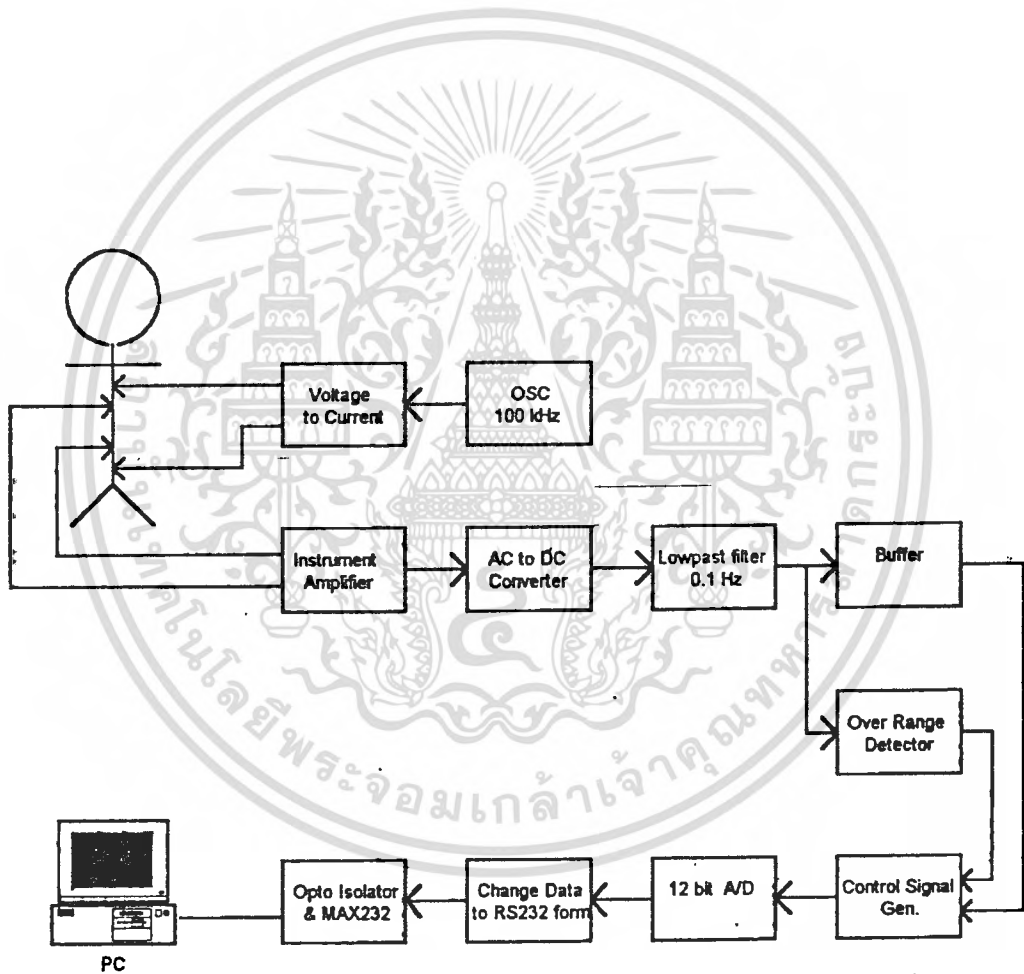
รูปที่ 3.5 แสดงให้เห็นอัตราการย่อยที่ช้า "ผิดปกติ" ในผู้ป่วยที่เป็นโรคบางชนิดเช่น โรคเบาหวาน เป็นต้น ลักษณะอาการของผู้ป่วยทั้งสองมีช่วง "เวลาการย่อยครึ่งหนึ่ง" $T_{1/2}$ มากกว่า 30 นาที ซึ่งถือว่าผิดปกติ ส่วนผู้ป่วยอีกคนหนึ่งมีการย่อยเป็นปกติ $T_{1/2}$ เท่ากับ 16 นาที Sutton ยังแสดงให้เห็นว่าเกิดการย่อยที่ช้าผิดปกติขึ้นในผู้ป่วยที่เป็นโรคไมเกรนด้วย และการย่อยที่ช้ากว่าปกติยังมีความเกี่ยวข้องกับอาการป่วยใช้อื่น ๆ อีกหลายอย่าง ทั้งทางร่างกายและจิตใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

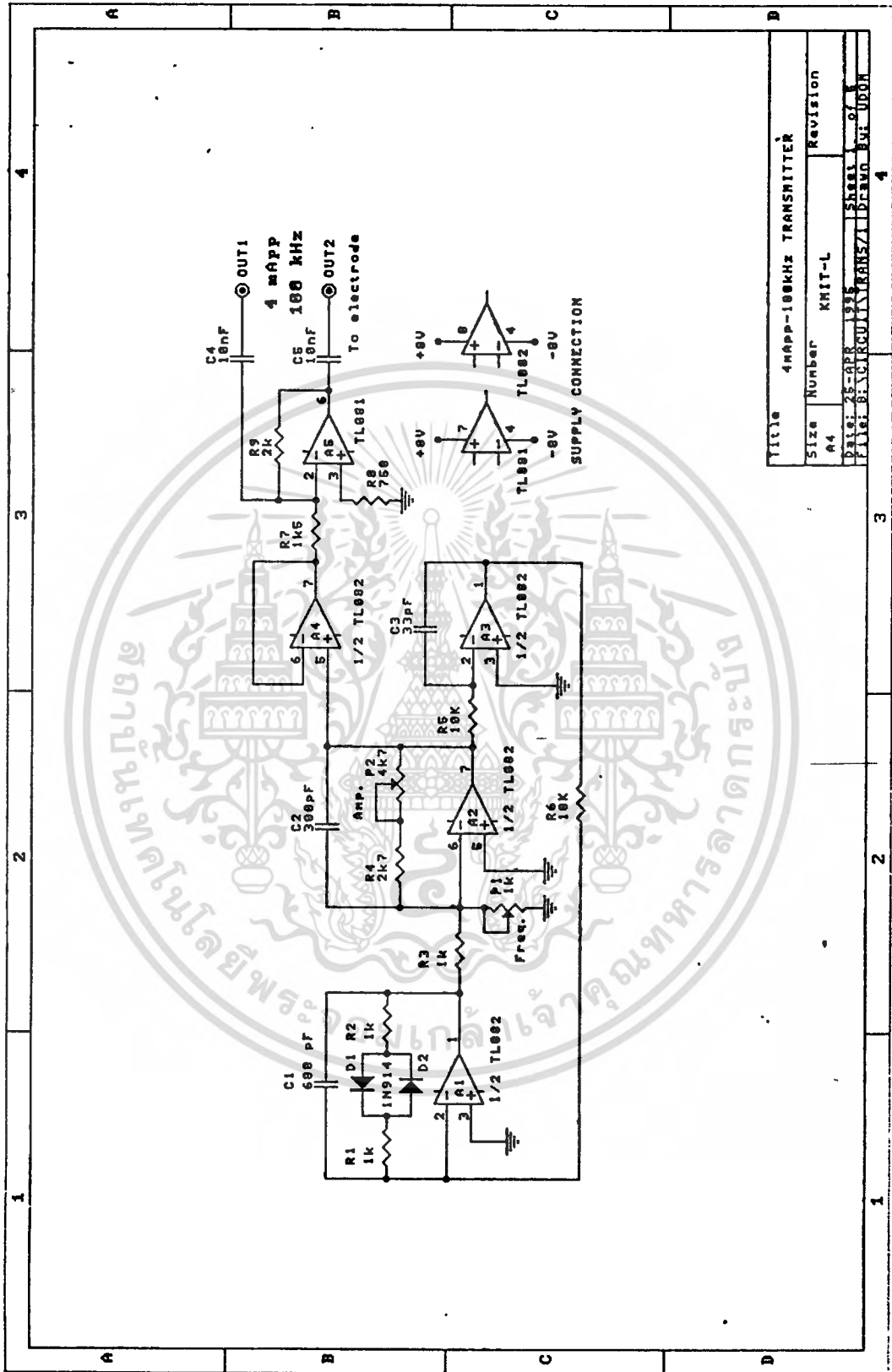
วงจร การทำงาน และการนำไปใช้งาน

จากทฤษฎีในบทที่ผ่านมา เรื่องการนำเอาเทคนิคการวัดอิมพีแดนซ์มาประยุกต์ใช้กับการวัดการย่อยของกระเพาะอาหารดังกล่าว สามารถนำมาออกแบบได้เป็น "ระบบวัดการย่อยของกระเพาะอาหาร" ซึ่งมีบล็อกไดอะแกรมและการทำงานดังนี้



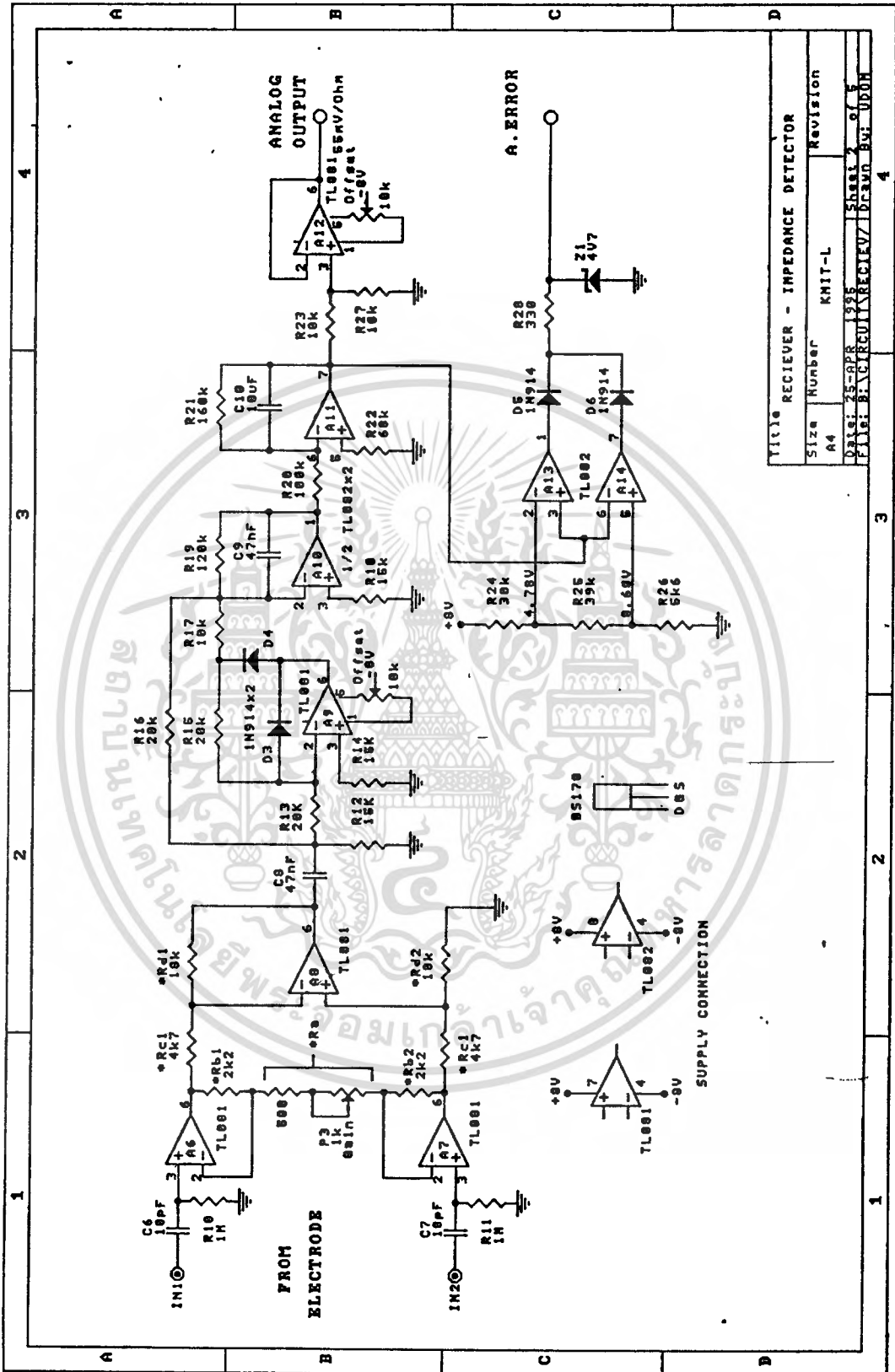
บล็อกไดอะแกรมที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



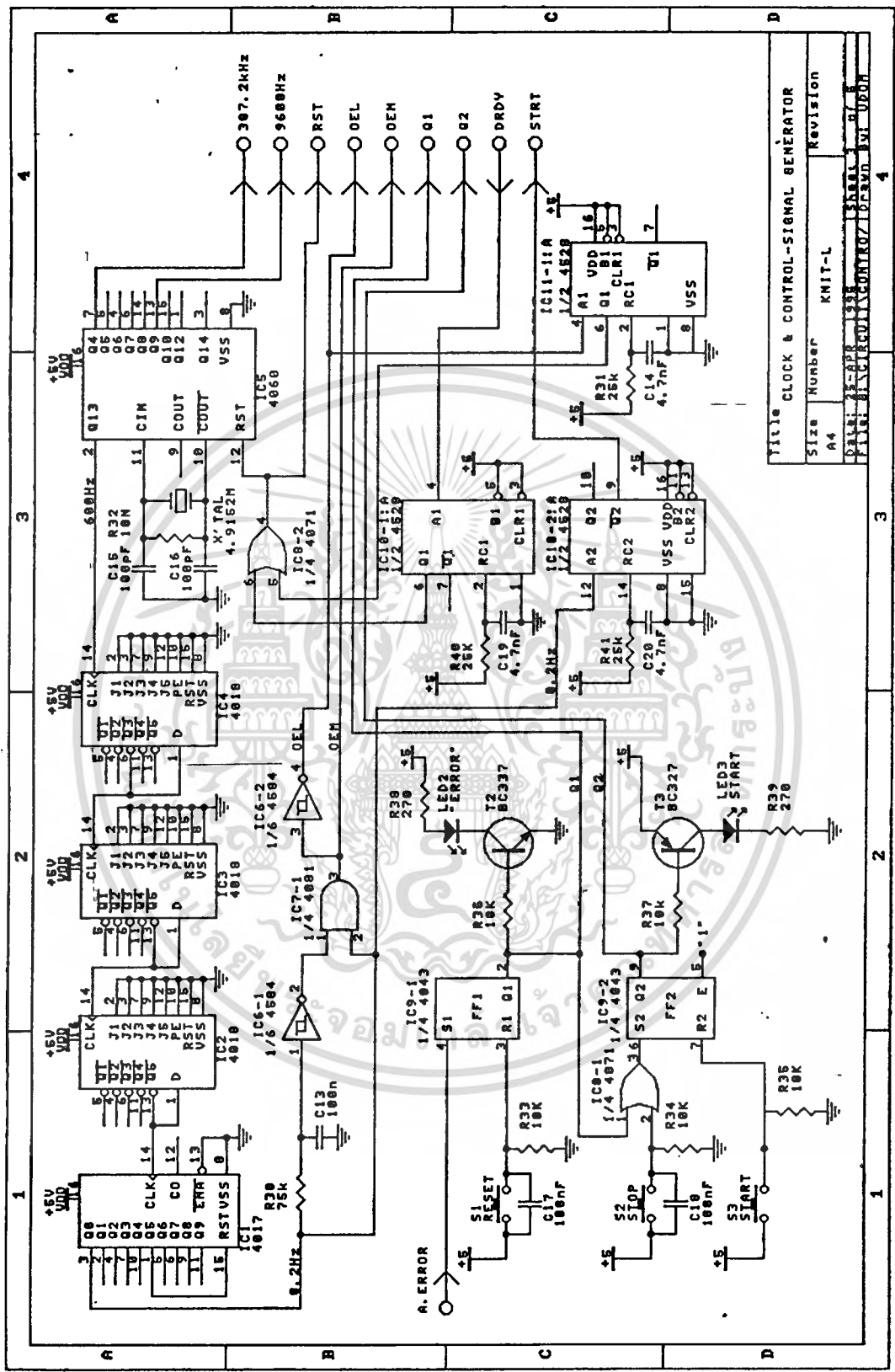
รูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		RECEIVER - IMPEDANCE DETECTOR	
Size	Number	KNIT-L	Revision
Dwg. No.		35-3PS 128	
Sheet		1 of 5	
PART		RECEIVER/DRAIN BU: UDUH	

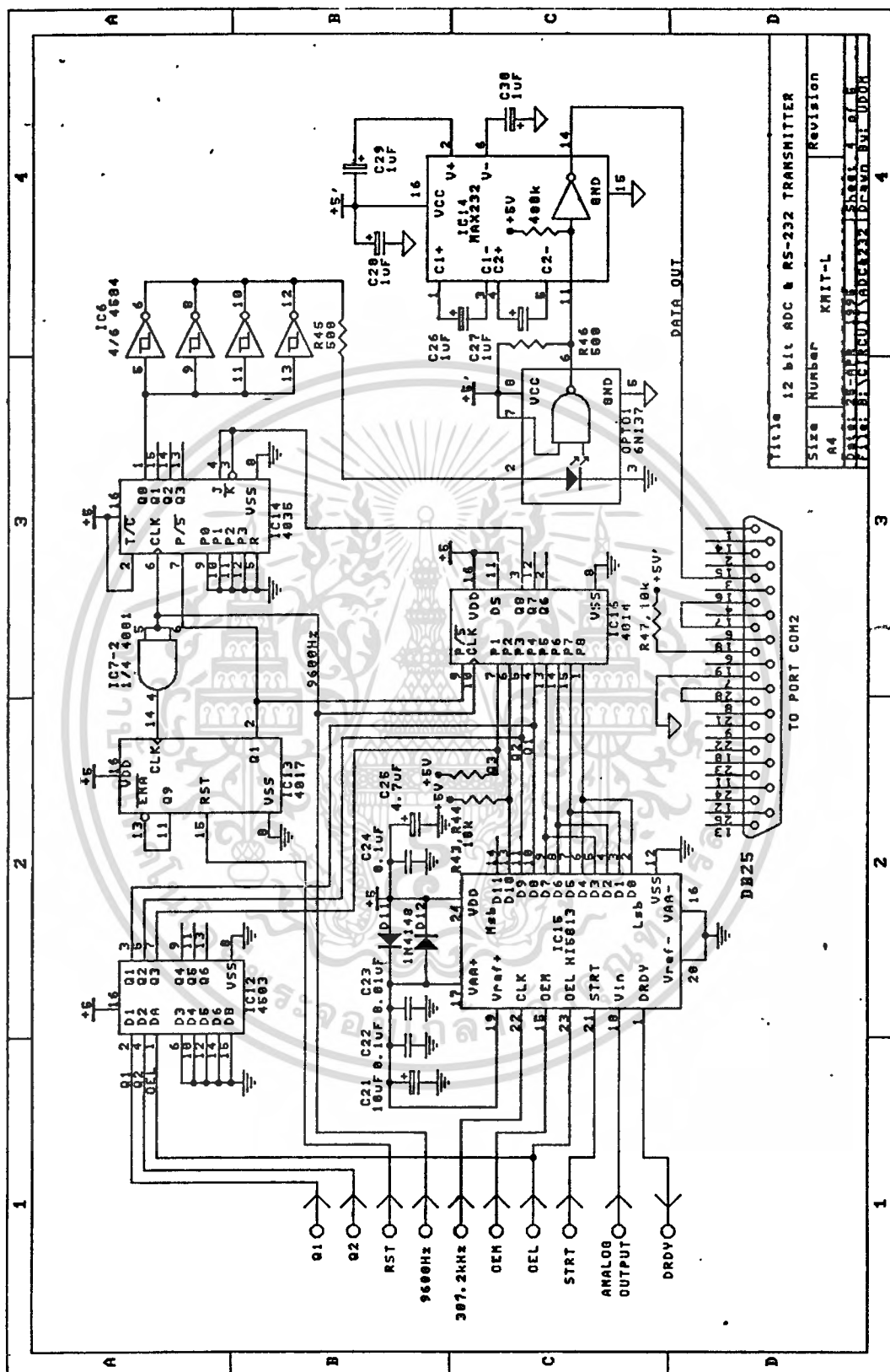
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ระบุไว้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		Revision	
Size	A4	Number	KNIT-L
DATE	11-20-88	DRWN	SAKUL
FILE	81-01-01	CHKD	SAKUL
PART	81-01-01	CONTROL	DRWD
		BY	UDDH

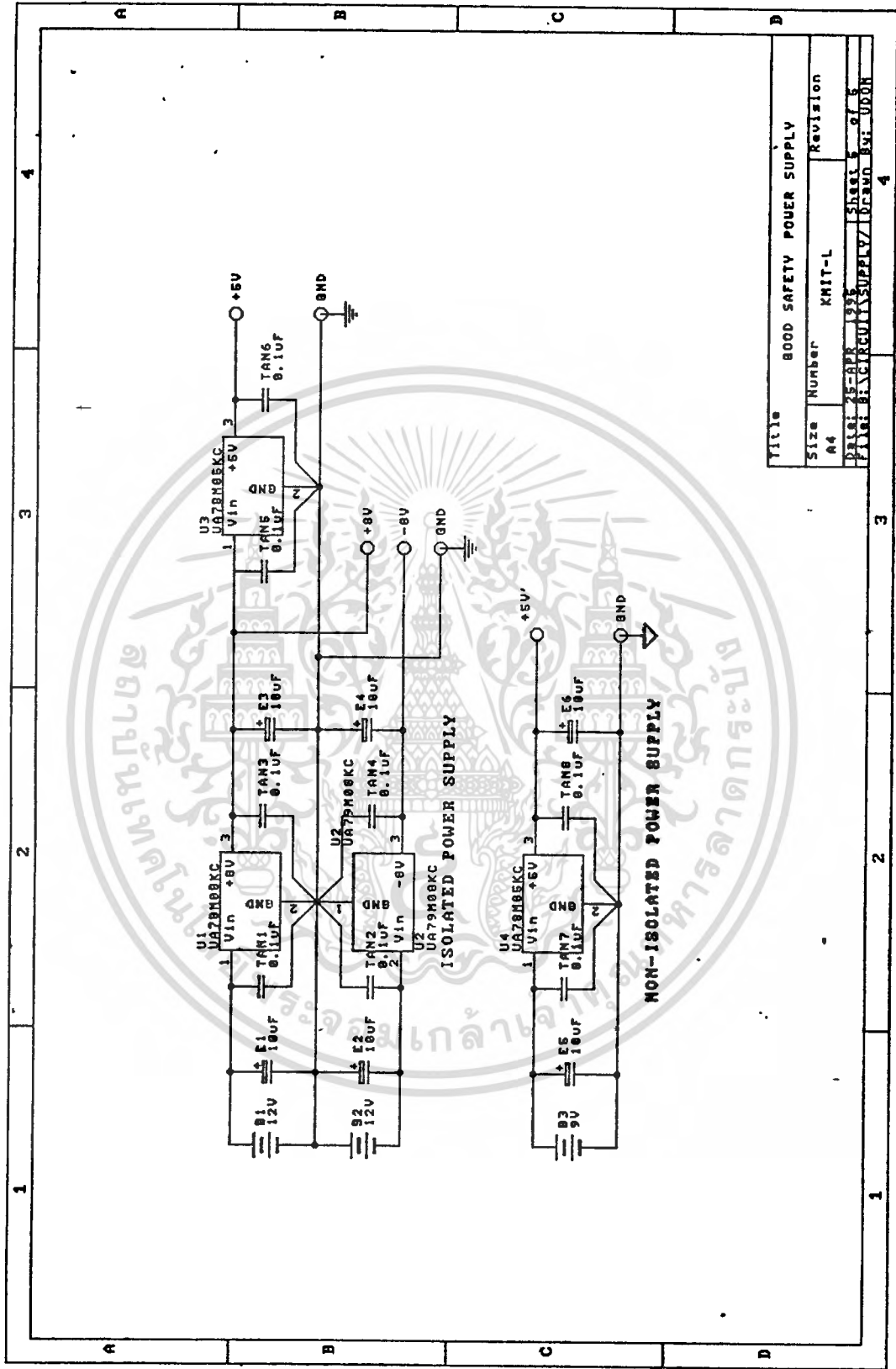
รูปที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title		12 bit ADC & RS-232 TRANSMITTER	
Size	Number	KNIT-L	Revision
A4			
PARTS LIST		REV. 1	
PARTS LIST		REV. 2	
PARTS LIST		REV. 3	
PARTS LIST		REV. 4	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ **รูปที่ 4.4** เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจร

วงจรภาคส่ง

วงจรภาคส่ง (รูปที่ 4.1) ทำหน้าที่ส่งกระแสชาวยน์แอมป์ค่าคงที่ 4 มิลลิแอมป์ที่คัทพิค (4 mA_{pp}) 100 กิโลเฮิรท์ซ เข้าไปที่อิเล็กโทรด (Electrode) ประกอบด้วย

1. วงจรส่วนกำเนิดความถี่ เป็นวงจรกำเนิดความถี่แบบควอดราเจอร์ (Quadrature) ซึ่งจะให้อาห์พุทออกมาเป็นสัญญาณไซน์ (Sine) และสัญญาณโคไซน์ (Cosine) ที่เอาต์พุทของ A1 และ A2 ตามลำดับ วงจรกำเนิดความถี่ได้โดยใช้ออปแอมป์ A1, A2, A3 ต่อเป็นวงจรอินเวอร์ตติ้งอินทีเกรเตอร์ 3 ภาค แต่ละภาคจะให้อาห์พุทที่มีการเลื่อนเฟสไปตามค่า C_F, R_F และ R_i ซึ่งที่ความถี่ค่าหนึ่ง การเลื่อนเฟสของสัญญาณรวมทั้ง 3 ภาคจะมีผลรวมเท่ากับ 360 องศาพอดี เรียกว่าความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance) ที่ความถี่นี้เท่านั้นที่วงจรจะได้รับการป้อนกลับแบบบวกที่เข้าจ้งหะกันพอดีกับสัญญาณอินพุท ทำให้วงจรเกิดการออสซิลเลทขึ้นได้ ความถี่ดังกล่าวสามารถปรับได้เล็กน้อยที่ P1 ความถี่ที่ต้องการหาได้จาก

$$f_r = 1/2\pi R_f C_f$$

วงจรนี้สามารถปรับแอมพลิจูด (Amplitude) ของสัญญาณได้ที่ P2 โดยในที่นี้ปรับให้อาห์พุทที่เอาต์พุทของ A4 ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) มีค่าเท่ากับ 6.4 โวลท์ที่คัทพิค 100 กิโลเฮิรท์ซ

2. วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส จะได้รับอินพุทจากวงจรส่วนกำเนิดความถี่ นำมาเปลี่ยนเป็นกระแสโดยมีออปแอมป์ A5 ทำหน้าที่เป็นตัวจ่ายกระแส ค่ากระแสเอาต์พุทคำนวณได้จาก

$$I_o(A_{pp}) = V_{in}(V_{pp})/R7$$

$$4 \text{ mA}_{pp} = 6.4/1.5 \text{ K}$$

C4 และ C5 ทำหน้าที่กันแรงดันไฟตรง และคัปปลิ่งสัญญาณเอาต์พุทก่อนส่งไปเข้า

เอกสารที่ชื่อโลหะของอิเล็กโทรดได้รับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิเล็กโทรด

อิเล็กโทรดทำหน้าที่เชื่อมต่อระหว่างแผ่นวงจรกับร่างกาย เพื่อให้จุดเชื่อมต้อมีอิมพีแดนซ์ต่ำและคงที่ อิเล็กโทรดที่ใช้ในการทดลองเป็นอิเล็กโทรดแบบจุด (Spot-Electrode) ชนิด "ซิลเวอร์/ซิลเวอร์-คลอไรด์" (Silver/silver-chloride) ของ "Contour" รุ่น 550 ลักษณะเป็นแผ่นโพลีเมอร์ ด้านที่ติดกับร่างกายฉาบกาวไว้โดยรอบ ตรงกลางเป็นฟองน้ำซุบสารละลายที่เป็นตัวนำไฟฟ้า อีกด้านเป็นขั้วโลหะสำหรับต่อสายออกไปเข้าวงจร และอีกยี่ห้อหนึ่งเป็นของ "3M" มีลักษณะคล้าย ๆ กัน แต่ใช้เป็นเยื่อกระดาษฉาบกาวแทน

การติดอิเล็กโทรด จะใช้ทั้งหมด 4 แผ่น 2 แผ่นสำหรับตัวส่ง และ 2 แผ่นสำหรับตัวรับ ตำแหน่งที่ติดอิเล็กโทรดแสดงไว้ในรูปที่ 3.3 โดยใช้ระยะห่างจากสะดือ ถึงจุดเชื่อมต้อกระดุกซี่โครงที่อยู่เหนือลิ้นปี่ เป็นระยะและเส้นอ้างอิง ให้ระยะห่างนี้เป็น XU อิเล็กโทรดอันแรกเป็นตัวส่ง (เครื่องหมายบวก) จะติดอยู่ตรงกลางลำตัวด้านหน้า ต่ำลงมาจากจุดอ้างอิงบนเท่ากับ XU/3 ส่วนตัวรับ (เครื่องหมายลบ) จะติดอยู่สูงจากสะดือขึ้นไป XU/3 และห่างจากแกนกลางไปทางแขนซ้าย XU/3 เช่นกัน การติดอิเล็กโทรดทางด้านหลัง ตัวส่งจะติดอยู่ที่ระดับเดียวกับตัวรับทางด้านหน้าคือสูงจากสะดือ XU/3 แต่จะห่างจากเส้นแกนกลางมาทางแขนซ้ายเท่ากับ XU/6 ส่วนตัวรับก็จะติดอยู่ระดับเดียวกับตัวส่งทางด้านหน้าเช่นกัน แต่ห่างจากเส้นแกนออกมาทางแขนซ้ายเท่ากับ XU/2

วงจรมหาทวี

วงจรมหาทวีแสดงในรูปที่ 4.2 จะรับแรงดันที่ได้จากขั้วอิเล็กโทรดทั้ง 2 อัน ซึ่งเกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าค่าคงที่รูบซายน์เวฟเข้าไปในร่างกายบริเวณกระเพาะอาหาร สัญญาณจะถูกนำมาขยายและแปลงออกมาเป็นแรงดันไฟตรงซึ่งมีค่าแปรผันตรงกับค่าอิมพีแดนซ์ที่กำลังวัด มีส่วนประกอบดังนี้

1. วงจรมหาทวีแอมพลิฟายเออร์ (Instrument Amplifier) ประกอบด้วย ออปแอมป์ A6, A7 และ A8 ที่ส่วนอินพุตจะมีตัวเก็บประจุ 10 พิโคฟารัด และตัวต้านทาน 1 เมกกะโอห์ม ต่อเป็นวงจรรองความถี่สูงผ่านแบบเฟิร์สทอเคอร์ (First order) มีความถี่คัทออฟ (Cutoff) ที่ 16 กิโลเฮิรตซ์ เพื่อลดทอนสัญญาณรบกวนโดยเฉพาะที่ความถี่ 50 เฮิรตซ์ วงจรปรับให้มีอัตราขยายประมาณ 15 เท่า โดยปรับที่ P3 อัตราขยายของวงจรมหาทวีได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรรณ $A_V = \frac{2R_b + R_a}{R_d} \frac{R_d}{R_a \cdot R_c}$ ญาติให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรเปลี่ยนแรงดันกระแสสลับเป็นแรงดันกระแสตรง (Precision AC to DC Converter) ประกอบด้วยออปแอมป์ A9 และ A10 โดย A9 ทำงานร่วมกับไดโอด D3, D4 ท้าหน้าที่เรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ส่วน A10 ท้าหน้าที่เป็นวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน มีความถี่คัทออฟประมาณ 28 เฮิรตซ์ โดย

$$f_0 = 1/(2\pi R19.C9)$$

$$28 = 1/2\pi \cdot 120k \cdot 47n$$

เอาท์พุทที่ได้จะออกมาเป็นแรงดันไฟตรงทางด้านลบ วงจรนี้สามารถเปลี่ยนแรงดันอินพุทที่มีขนาดเล็กเป็นมิลลิโวลต์ได้

3. วงจรรองความถี่ต่ำผ่านแบบอินเวอร์ตติ้ง มีออปแอมป์ A11 ร่วมกับตัวเก็บประจุ C10 ค่า 10 ไมโครฟารัด ตัวต้านทาน R20, R21 ค่า 160 และ 100 กิโลโห์ม ตามลำดับ มีความถี่คัทออฟประมาณ 0.1 เฮิรตซ์ และมีอัตราขยาย 1.6 เท่า ทำให้ได้สัญญาณ "ANALOG OUTPUT" ซึ่งจะถูกแบ่งครึ่งโดย R23 และ R27 เพื่อป้องกันขาอินพุทของ ADC ให้นำมีค่าสูงเกิน +3.25 โวลต์ ก่อนผ่านออปแอมป์ A12 ที่ท้าหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ลดค่าเอาท์พุทอิมพีแดนซ์ของ A11 และ R23 แรงดันที่ออกมาจาก A12 ถูกปรับนำมีค่า +60 มิลลิโวลต์ ต่ออิมพีแดนซ์ 1 โห์ม โดยปรับอัตราขยายของภาคอินสทรูเมนต์แอมพลิฟายเออร์

$$f_0 = 1/(2\pi R21.C10)$$

$$A_v = - (R21/R20)$$

4. วงจรตรวจจับความผิดพลาด ท้าหน้าที่ตรวจสอบค่าแรงดันที่ออกจากออปแอมป์ A11 นำมีค่าแรงดันอยู่ในช่วง 0.60 ถึง 4.78 โวลต์หรือค่าอิมพีแดนซ์ที่วัดได้ต้องอยู่ในช่วงประมาณ 5 ถึง 40 โห์ม ซึ่งเป็นช่วงที่วงจรยังสามารถทำงานได้อย่างเป็นเชิงเส้น วงจรตรวจจับความผิดพลาดประกอบด้วยออปแอมป์ A13 และ A14 ซึ่งอยู่ในตัวถังเดียวกัน A13 และ A14 ต่อเป็นวงจรตรวจจับแรงดัน โดยได้รับแรงดันอ้างอิงมาจากวงจรตัวต้านทานแบ่งแรงดัน R24,

เอกสาร R25, R26 เมื่อแรงดันอินพุทมีค่าต่ำกว่า 0.60 โวลต์นี้ A14 จะนำเอาท์พุทออกมาเป็นแรงดันค่าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟตรงประมาณ +6.5 โวลต์ ถ้าอินพุตมีค่ามากกว่า 4.78 โวลต์ A13 ก็จะทำให้เอาต์พุตเป็น +6.5 โวลต์เช่นเดียวกัน แต่ถ้าแรงดันอินพุตอยู่ในช่วงที่กำหนดคอปแอมป์ทั้งสอง จะให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงดัน -6.5 โวลต์ ซึ่งแรงดันทางด้านลบนี้จะถูกกันไว้ด้วยไดโอด D5 , D6 เอาต์พุตที่ได้จึงมีค่าแรงดันประมาณ +6 โวลต์ กับ 0 โวลต์ เท่านั้น แรงดัน 6 โวลต์ นี้จะถูกลดลงเหลือ 4.7 โวลต์ โดย R28 และ ZD1 ส่งไปเป็นสัญญาณบอกความผิดพลาดให้แก่วงจรส่วนดิจิทัล โดยให้ชื่อสัญญาณว่า "A.ERROR"

วงจรส่วนดิจิทัล

วงจรส่วนดิจิทัลแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4 วงจรจะรับค่าสัญญาณมาจากวงจรส่วนอนาล็อก 2 สัญญาณ คือสัญญาณ "ANALOG OUTPUT" และ "A.ERROR" นำมาเพื่อแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัล แล้วจึงส่งไปเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อทำการคำนวณและแสดงผล

1. ส่วนสร้างสัญญาณสถานะ อุปกรณ์ที่สำคัญคือไอซี 4043 ภายในเป็นอาร์เอสฟลิป-ฟลอป 2 ตัว ทำหน้าที่จ่ายสัญญาณสถานะ "Stop", "Start", "Error" รายละเอียดของแต่ละสัญญาณมีดังนี้

สัญญาณ	Q1	Q2
"Stop"	0	1
"Start"	0	0
"Error"	1	1

"Stop" - เมื่อเปิดเครื่องครั้งแรก คาปาซิเตอร์ 0.1 ไมโครฟารัด ที่ต่อคร่อมสวิตช์ *RESET* และ *START* จะทำงานเสมือนลัดวงจรสวิตช์ทั้งสอง ทำให้ FF1 รีเซ็ต และ Q1 มีค่าเป็น "0" แต่ FF2 จะถูก เซ็ตให้ Q2 มีค่าเป็น "1" Q2 นี้จะค้างเป็น "1" อยู่จนกว่าจะมีการกดสวิตช์ *START* และจะกลับมาเป็น "1" อีกครั้งเมื่อมีการกดสวิตช์ *STOP*

"Start" - เมื่อกดสวิตช์ *START* FF2 จะถูกรีเซ็ตทำให้ Q2 เป็น "0" ทราจิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ยืมได้เห็นไปใช้หรือเผยแพร่เอกสารนี้โดยไม่ผ่านการอนุมัติจากเจ้าของลิขสิทธิ์แล้วถือว่าผิดกฎหมาย และต้องแจ้งถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะค้างสถานะเป็น "0" อยู่จนกว่าจะมีการกดสวิตช์ *START* แต่ในกรณีที่ FF2 ยังถูกเซ็ทด้วยสัญญาณ "Error" จาก FF1 อยู่ Q2 ก็จะไม่เปลี่ยนแปลง

"Error" - สัญญาณนี้จะเกิดขึ้นเมื่อ FF1 ได้รับความเซ็ทจากสัญญาณ "A.Error" ซึ่งมาจากวงจรตรวจจับแรงดันในส่วนของวงจรถอดรหัส เมื่อ FF1 ถูกเซ็ทให้ Q1 เป็น "1" แล้ว FF2 ก็จะถูกเซ็ทให้ Q2 เป็น "1" ทันทีโดยไม่มีทางหลีกเลี่ยงแม้สวิตช์ *START* จะถูกกดอยู่ก็ตาม Q1 และ Q2 จะค้างสถานะ "1" ไปจนกว่าสัญญาณ "A.Error" จะหายไปและมีการกดสวิตช์ *RESET*

2. ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกาประกอบด้วยไอซี 4060 และคริสตอล 4.9152

เมกกะเฮิรตซ์ IC4 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดความถี่หลาย ๆ ค่า ซึ่งได้จากการหารความถี่ของคริสตอลด้วย 2^n โดย n มีค่าตั้งแต่ 4 - 14 ค่าความถี่ที่นำมาใช้งานคือ 307.2 กิโลเฮิรตซ์ นำไปใช้เป็นสัญญาณ "CLK" ของ IC-ADC ความถี่ที่ 9600 เฮิรตซ์ จะนำไปใช้เป็น "CLK" ของ IC13, IC14 และ IC16 เพื่อเป็นตัวกำหนดความเร็วในการส่งสัญญาณ (Baud-rate) ผ่านทาง RS232 ส่วนความถี่ 600 เฮิรตซ์ จะถูกนำมาหารด้วย IC1-IC4 ซึ่งตั้งค่าการหารไว้ที่ $10 \times 10 \times 6 \times 5$ ตามลำดับ ก็จะได้สัญญาณ 0.2 เฮิรตซ์ เอาไปใช้แปลงเป็นสัญญาณ "STRT", "OEM", "OEL" ให้กับ IC15 และเป็นสัญญาณ "Disable" ให้กับ IC12

3. ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม OEM และ OEL ประกอบด้วย IC6-1, IC6-2, IC7-1, IC13 และ R30

ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ OEL และ OEM โดยนำสัญญาณความถี่ 0.2 เฮิรตซ์ จาก IC1 มาประจุที่ C13 ค่า 0.1 ไมโครฟารัด ผ่านทาง R30 ค่า 75k โอห์ม เมื่อสัญญาณจาก IC1 เริ่มมีค่าเป็น "1" แรงดันคร่อม C13 ก็จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 2.5 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับทริกของขมิตริกเกอร์ IC6-1 ในเวลา 5 ms ตามสมการ

$$V_c = E_0 + V_{dc}(e^{-t/RC})$$

$$2.5 = 0 + 5 (e^{-5\text{ms}/75\text{k} \cdot 100\text{n}})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเวลาดังแต่เอาต์พุทของ IC1 เริ่มมีค่าเป็น "1" จนแรงดันคร่อม C13 มีค่าก่อนถึง 2.5 โวลต์ IC7-1 ซึ่งเป็น AND เกท จะได้รับอินพุทเป็น "1" ทั้งสองขาจึงให้เอาต์พุทเป็น "1" สัญญาณ OEM จึงไม่แอกทีฟ ส่วน OEL ได้รับการกลับสัญญาณจึงแอกทีฟ

ช่วงต่อมาเมื่อแรงดันคร่อม C13 มีค่าถึง 2.5 โวลต์ IC6-1 จึงเริ่มให้เอาต์พุทเป็น "0" ทำให้ AND เกท ได้รับอินพุทเป็น "0" กับ "1" ให้เอาต์พุทออกเป็น "0" สัญญาณ OEM จึงแอกทีฟบ้าง ซึ่งสองสัญญาณนี้จะสลับกันโดย OEL จะแอกทีฟนาน 5 ms และ OEM จะแอกทีฟนาน 4.995 Sec

4. ส่วนป้อนสัญญาณสถานะ ใช้ไอซี 4503 ซึ่งเป็นไอซีแลตซ์ข้อมูล 3 สถานะขนาด 6 บิต ทำหน้าที่รับอินพุท 3 บิต คือสัญญาณสถานะ Q1 และ Q2 จาก FF1 และ FF2 เข้ามาที่ขา D1 และ D2 รวมทั้ง D3 ซึ่งต่อลงกราวด์ตลอด แล้วให้สัญญาณเอาต์พุทออกมาที่ขา 3, 5, 7 คือ Q1, Q2 และ Q3 ตามลำดับ ขาสัญญาณทั้ง 3 บิตนี้ จะทำงานก็ต่อเมื่อขา 1 (DA) ของไอซี 4503 ซึ่งต่ออยู่กับสัญญาณ OEL มีค่าเป็น "0" ซึ่งก็คือขณะที่ขาเอาต์พุทบิตล่างของไอซี ADC D0-D3 ทำงานนั่นเอง เวลาเดียวกันนี้ขาเอาต์พุทบิตสูง D4-D11 จะอยู่ในสถานะอิมพีแดนซ์สูง สัญญาณจากไอซี 4503 จึงถูกส่งไปพร้อมกับสัญญาณข้อมูล D0-D3 โดย Q1จะเป็นสัญญาณบิตที่ 5 และ Q2 เป็นสัญญาณบิตที่ 6 ส่วนบิตที่ 7 เมื่อขา D10 ไม่ทำงานก็จะมีสถานะเป็น "1" เพราะต่อ R43 ไว้กับ +5V บิตที่ 8 จะมีค่าเป็น "0" ตามสถานะของ Q3 บิตที่ 8 นี้เองที่เป็นตัวบอกว่าขณะนี้ข้อมูลเป็นข้อมูลทรงด้านบิตค่าารวมกับสัญญาณสถานะ แล้วข้อมูลทั้งหมดก็จะถูกส่งออกไปเป็นไบต์ (byte) ที่หนึ่งของชุดข้อมูล และเมื่อทำการส่งสัญญาณสถานะเสร็จแล้วไอซี 4503 ก็จะได้รับสัญญาณ "Disable" ซึ่งเป็นสัญญาณเดียวกับ "OEL" เพื่อให้ขาเอาต์พุทเข้าสู่สถานะอิมพีแดนซ์สูง จนกว่าจะครบรอบการส่งสัญญาณอีกครั้ง

5. ส่วนสร้างสัญญาณควบคุม RST และ STRT ใช้ไอซีเบอร์ 4528 ภายในไมวงจรมโนสเทเบิลอยู่สองชุด คอยตรวจสอบขอบขาขึ้นของสัญญาณอินพุท เมื่อพบแล้วจะให้กำเนิดพัลส์แคบ ๆ ออกมา (ประมาณ 6μs) มีสองสัญญาณคือ Q และ Q โดยความกว้างของพัลส์ขึ้นอยู่กับค่า RC ที่ต่อร่วมด้วย (ดูในคาส์ซิท) IC10-1 คอยตรวจสอบสัญญาณ DRDY แล้วให้เอาต์พุทออกมาเป็นสัญญาณ RST1 ไป OR กับเอาต์พุทของ IC11-1 ซึ่งคอยตรวจสอบขอบขาขึ้นของ

เอกสาร สัญญาณ OEL นำไปรีเซ็ต IC13 ใช้ให้วงจรส่วนส่งข้อมูลแบบอนุกรมทำการส่งข้อมูลครั้งแรกก็เมื่อการคำนวณใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC แปลงสัญญาณเสร็จ และส่งข้อมูลครั้งที่สองเมื่อสัญญาณ OLE ขึ้นเป็น "1" ส่วน IC10-2 จะตรวจสอบสัญญาณ 0.2 เฮิรท์ซ จาก IC1 แล้วนำเอาที่พุดออกจาก Q เป็นสัญญาณ STRT ำให้แก่ ADC เพื่อให้ทำการแปลงสัญญาณทุก ๆ 5 วินาที

6. ส่วนแปลงอนาล็อกเป็นดิจิทัล ใช้ไอซีเบอร์ HI5813 ซึ่งเป็นตัวแปลงสัญญาณขนาด 12 บิต ส่งข้อมูลออกมาแบบขนาน มีการทำงานดังนี้

เริ่มแรกเมื่อสัญญาณอินพุตต่าง ๆ เช่น CLK, Vref, Vin ถูกต่อเรียบร้อยแล้ว และ IC15 ด้รับสัญญาณ "STRT" ซึ่งเป็นสัญญาณให้เริ่มทำการแปลงสัญญาณมันก็จะรับแรงดัน Vin มาเก็บค่าเอาไว้ แล้วทำการแปลงสัญญาณโดยใช้เวลาเท่ากับสัญญาณนาฬิกา 15 ลูก ในที่ไม่มีค่า ประมาณ 49µs เมื่อทำการแปลงสัญญาณเสร็จแล้วขา DRDY จะแอกทีฟเป็น "1" เพื่อบอกให้รู้ว่าขณะนี้ไม่มีข้อมูลชุดใหม่ออกมาที่ขาเอาต์พุต D0-D11 เรียบร้อยแล้ว จนกว่าจะมีสัญญาณ STRT เข้ามาใหม่ขา DRDY จึงจะเปลี่ยนเป็น "0" แล้ว IC15 ก็ทำการแปลงสัญญาณใหม่อีกครั้ง

ที่ขาเอาต์พุต D0-D11 นี้สามารถเลือกให้เป็นอิมพีแดนซ์สูงได้โดยแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ D0-D3 หนึ่งชุดและ D4-D11 อีกหนึ่งชุด ขาเอาต์พุตนี้ควบคุมได้ด้วยสัญญาณ OEL และ OEM ตามลำดับ การใช้งานในวงจรนี้จะนำขาสัญญาณเอาต์พุต D0-D3 กับ D4-D7 มาต่อเข้าด้วยกันแล้วเลือกให้ทำงานสลับกัน เพื่อให้ข้อมูลมีขนาดไม่เกิน 8 บิต

7. วงจรภาคส่ง RS-232 ประกอบด้วยไอซี 4014, 4017, 4035 และ MAX232 ไอซี 4014 จะทำหน้าที่เปลี่ยนข้อมูลอินพุตแบบขนาน 8 บิต ไปเป็นข้อมูลแบบอนุกรมไอซี 4017 ทำหน้าที่เป็นตัวนับ 9 แล้วส่งสัญญาณควบคุมเอาต์พุต "P/S" ำให้แก่ 4014 ไอซี 4035 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณสตาร์ทและสตอปบิต MAX232 จะเปลี่ยนแรงดันข้อมูลจาก 0 และ +5 โวลต์ เป็น +10 และ -10 โวลต์ ตามลำดับ

8. ส่วนไอโซเลชัน (Isolation) จะคั่นอยู่ระหว่างวงจรทั้งหมดกับไอซี MAX232 ทำหน้าที่แยกวงจรออกจากสายจ่ายไฟเมน AC 220V ำให้มีค่าอิมพีแดนซ์มากที่สุด โดยใช้ไอซี เบอร์ 6N137 ซึ่งเป็นออปโตคัปเบิลมีเอาต์พุตเป็น NAND เกท แบบไอเพนคอลเลคเตอร์ ำใช้แหล่งจ่าย +5V มีความต้านทานระหว่างขาอินพุตกับขาเอาต์พุตประมาณ 10^{12} โอห์ม ำใช้ NOT

เอกสาร เกท ที่มีเหลืออยู่ 6 ตัว ทำหน้าที่ขับกระแสให้ LED ภายใน กระแสนี้มีค่าประมาณ 7 มิลลิแอมป์ ำใช้ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากด้านเอาต์พุตเป็น NAND เกท จึงไม่ต้องมีการกลับสัญญาณอีก ขา 7 ซึ่งเป็นขาอินพุตอีกข้างหนึ่งจะต่อไว้กับ +5V เอาต์พุตที่ได้นำไปป้อนเป็นอินพุตให้แก่ MAX232

ภาคจ่ายไฟ

วงจรที่ใช้ต้องการภาคจ่ายไฟทั้งหมด 3 ชุด คือ +/-8 โวลต์ สำหรับวงจรส่วนอนาล็อก, +5 โวลต์ สำหรับวงจรส่วนดิจิทัล และ +5 โวลต์/แยกกราวด์ สำหรับวงจรส่วนไอซีเลขขึ้น กับ IC MAX-232

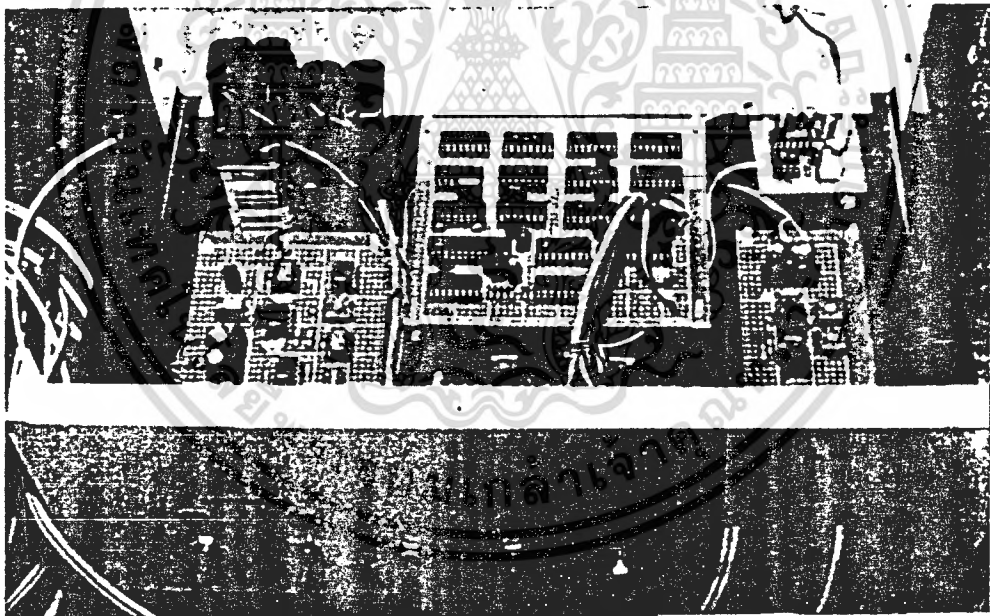
จากรูป แบตเตอรี่ B1 และ B2 ทำหน้าที่จ่ายแรงดัน +12V และ -12V ให้แก่ไอซีเรกูเลเตอร์ U1 และ U2 ตามลำดับ ซึ่งจะได้อเอาต์พุตออกมาเป็นแรงดัน +8V และ -8V แรงดัน +8V ยังนำไปผ่าน U3 เพื่อให้ได้อเอาต์พุตเป็นแรงดัน +5V

ส่วนแบตเตอรี่ B3 จะป้อนแรงดัน 9V ให้แก่ U4 เพื่อนำแรงดันเอาต์พุต +5V' ซึ่งแยกกราวด์กันคนละส่วนกับวงจรอื่นป้อนเป็นแรงดันไฟเลี้ยงให้แก่ 6N137 กับ MAX232 เท่านั้น

**** หมายเหตุ **** เนื่องจากโครงการนี้ต้องผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังผู้ถูกทดสอบโดยตรง จึงได้เลือกใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าทั้งหมด เพื่อให้มีความปลอดภัยสูงสุดในทุกกรณี

การนำไปใช้งาน

รูปที่ 4.6 แสดงหน้าตาของเครื่องต้นแบบที่สร้างขึ้น สวิตช์ทางด้านซ้ายสุด 2 ตัว มี LED สีแดงอยู่ด้านบน เป็นสวิตช์โยกสำหรับเปิด-ปิดเครื่อง ตัวแรกเป็นของแหล่งจ่ายไฟแบบ ไอโซเลทจ่ายไฟให้แก่วงจรเกือบทั้งหมด ตัวถัดมาเป็นของแหล่งจ่ายไฟแบบ นอน-ไอโซเลท ของ ไอซี 6N137 กับ MAX232 ถัดมาเป็นสวิตช์แบบกดติดปล่อยดับ 3 ตัว ตัวแรกมีชื่อว่า "STOP" ตัวกลางชื่อ "START" มี LED สีแดงอยู่ด้านบนแสดงสถานะ "START" ตัวสุดท้ายชื่อ "RESET" มี LED สีเหลืองอยู่ด้านบนแสดงสถานะ "ERROR" ถัดมาเป็นสายนำสัญญาณ "OUT" และ "IN" มีปลายเป็นปากคีบไปคีบกับขั้วโลหะของอิเล็กทรอนิกส์ ด้านหลังเป็นสายสัญญาณ RS232 มีปลายเป็นขั้ว DB-25 ไปต่อกับพอร์ต COM:2 ของเครื่องคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.6

รูปที่ 4.7 เป็นรูปถ่ายขณะใช้งานจริงของ "ระบบวัดการย่อยด้วยการวัดอิมพีแดนซ์" แสดงเครื่องวัดการย่อยต่อสายเข้ากับอิเล็กทรอนิกส์ทั้ง 4 ที่ติดอยู่บนแผงทองทั้งด้านหน้าและหลังของอาสาสมัคร ผู้เข้าทดสอบอยู่ในท่ากึ่งนอนหงาย และคอมพิวเตอร์กำลังเก็บข้อมูลแล้วนำผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารของบริษัทที่จุ่มอิมพีแดนซ์ การนำไปใช้งานมีขึ้นตอนโดยละเอียดดังนี้ ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EPIGASTRIC EMPTYING RECORDER

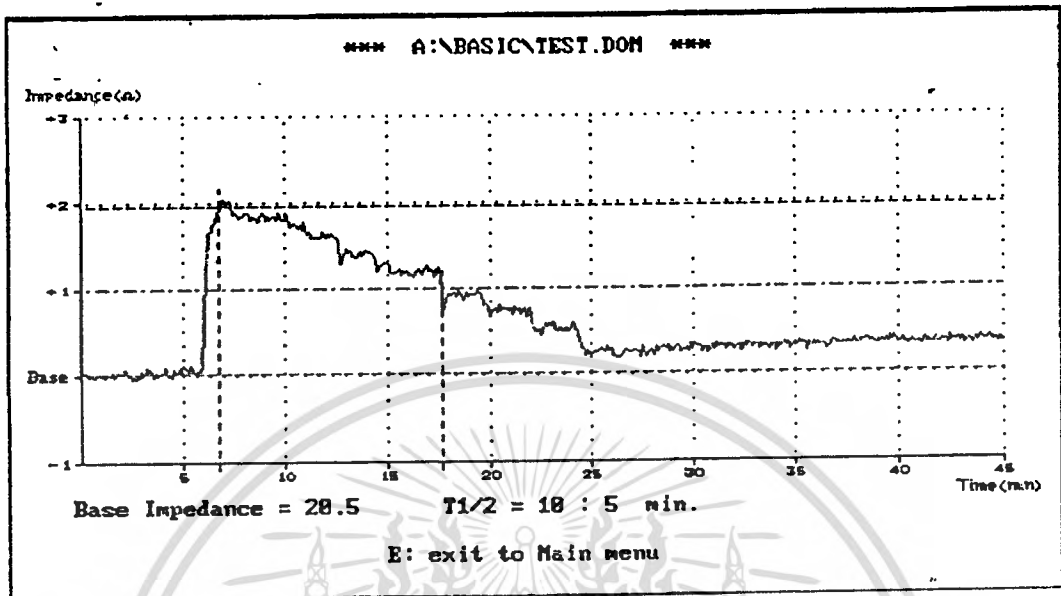
- (1) Display recorded graph
- (2) Record new graph
- (3) Quit

Time: 17:24:19

รูปที่ 4.8

9. รอให้เครื่องเก็บข้อมูลจนครบ 2 นาทีที่จอจะขึ้นเป็นรูปภาพ แสดงรวมอยู่ในรูปที่ 4.9
10. รอจนครบ 5 นาทีโปรแกรมจะคำนวณค่า "Base Impedance" และปิดเส้นค่าอิมพีแดนซ์ปกติ ด้วยสีเขียว แสดงรวมอยู่ในรูปที่ 4.9
11. ให้อาสาสมัครดื่มของเหลวที่เตรียมไว้ ครึ่งเดียวให้หมด
12. เส้นกราฟจะพุ่งขึ้น แล้วค่อย ๆ ลาดลง
13. รอจนเส้นกราฟตกลงมาสู่ค่าปกติ
14. เมื่อต้องการหยุด กดสวิทช์สีดา "STOP" LED สีแดงจะดับและมีสัญญาณเตือน
15. โปรแกรมจะให้เลือกว่าต้องการออก 0: หรือต้องการให้คำนวณและบันทึก C: เลือก C: โปรแกรมจะคำนวณค่า T1/2 ออกมาให้ รูปที่ 4.9
16. กดปุ่มใด ๆ ที่จอจะเปลี่ยนจากรูปภาพเป็นหน้าจอสำหรับเติมข้อมูล ให้เติมข้อมูลที่ต้องการลงไป เสร็จแล้วจะได้หน้าจอดังรูปที่ 4.10
17. จากนั้นใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการจัดเก็บ เสร็จแล้วกด Enter ถ้ามีข้อผิดพลาดจะมีเสียงและข้อความเตือน ให้ใส่ชื่อไฟล์ใหม่ให้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9

18. เมื่อชื่อไฟล์ถูกต้อง ไฟล์จะถูกจัดเก็บ และหน้าจอจะกลับเข้าสู่ Main Menu
19. เมื่อต้องการเรียกดูไฟล์ที่เก็บไว้ เลือกโหมด(1) โปรแกรมจะถามชื่อไฟล์ที่ต้องการให้เข้ามาแสดงผล
20. ใส่ชื่อไฟล์ที่ต้องการโดยไม่ต้องใส่นามสกุล แต่ต้องใส่ที่อยู่ของไฟล์ให้ถูกต้อง ถ้าโปรแกรมหาไฟล์ไม่พบ หรือหาพบแต่ไฟล์ไม่มีข้อมูลที่ต้องการอยู่จะมีเสียงเตือน และหน้าจอจะกลับสู่ Main Menu
21. ถ้าใส่ชื่อไฟล์ถูกต้อง จอภาพจะแสดงรูปแบบเหมือนรูปที่ 4.10 แต่ข้อมูลจะเปลี่ยนไปตามที่ได้บันทึกไว้ในแต่ละไฟล์
22. จากนั้นเมื่อกดปุ่มใด ๆ โปรแกรมจะแสดงรูปกราฟที่บันทึกไว้ พร้อมรายละเอียดตามที่บันทึกไว้ รูปแบบเหมือนกับในรูปที่ 4.9 แต่ข้อความที่ด้านบนจะเปลี่ยนไปตามชื่อไฟล์ที่กำลังแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

***** MODE (1) REPLAY RECORDED GRAPH *****

1. DATE _____ 28/4/38
 2. TIME _____ 12:10 pm.
 3. NAME _____ ๐๐7
 4. SEX _____ Udom
 5. AGE _____ Utenrat
 6. WEIGHT _____ male
 7. HEIGHT _____ 18
 8. MEAL _____ 48
 9. VOLUME _____ 165
 10. Note. _____ resister

Press any key to continue.

รูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง

วัตถุประสงค์ เพื่อทดสอบการทำงานของโครงการโดยรวม ว่าสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ คือ จะต้องสามารถแสดงกราฟการย่อยของกระเพาะอาหาร ออกทางจอคอมพิวเตอร์ได้ สามารถคำนวณหาค่า T1/2 ออกมาได้ สามารถเก็บรูปภาพและข้อมูลที่จำเป็นเพื่อทำเป็นทะเบียนประวัติ และสามารถเรียกออกมาดูซ้ำได้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องวัดการย่อยของกระเพาะอาหาร
2. เครื่องคอมพิวเตอร์ รุ่น 386 ขึ้นไป พร้อมจอ color VGA
3. โปรแกรม "QBASIC.EXE", "GASTRIC.BAS", "TEST.DOM"
4. อิเล็กโทรด ชนิด ซิลเวอร์-ซิลเวอร์/คลอไรด์ จำนวน 4 แท่ง
5. อาสาสมัคร ที่มีสุขภาพดี อายุ 15-45 ปี รูปร่างลีนทึด
6. น้ำดื่ม "โพลาริส" ปริมาณ 750 มิลลิลิตร

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

1. ทดสอบการแสดงผลรูปภาพที่ได้เก็บเอาไว้ก่อนแล้ว
 - 1.1 เรียกโปรแกรม "QBASIC.EXE" แล้วเรียกโปรแกรม "GASTRIC.BAS" กด Shift+F5 เพื่อรันโปรแกรม จะได้หน้าจอของ "Main Menu" ออกมา
 - 1.2 จาก "Main Menu" เลือกโหมด (1) เรียกไฟล์ "TEST" จะได้ข้อมูลของกราฟและรูปภาพออกมา
 - 1.3 กลับไปที่ "Main Menu" ลองเรียกไฟล์เดิมซ้ำอีกครั้งสังเกตดูว่ารายละเอียดต่าง ๆ และรูปภาพยังเหมือนเดิมหรือไม่ ทดลองซ้ำได้จนเป็นที่พอใจ
2. ทดสอบการบันทึกกราฟรวมทั้งทะเบียนประวัติ
 - 2.1 ต่อหัว DB-25 เข้าที่พอร์ท COM:2 ของเครื่องคอมพิวเตอร์

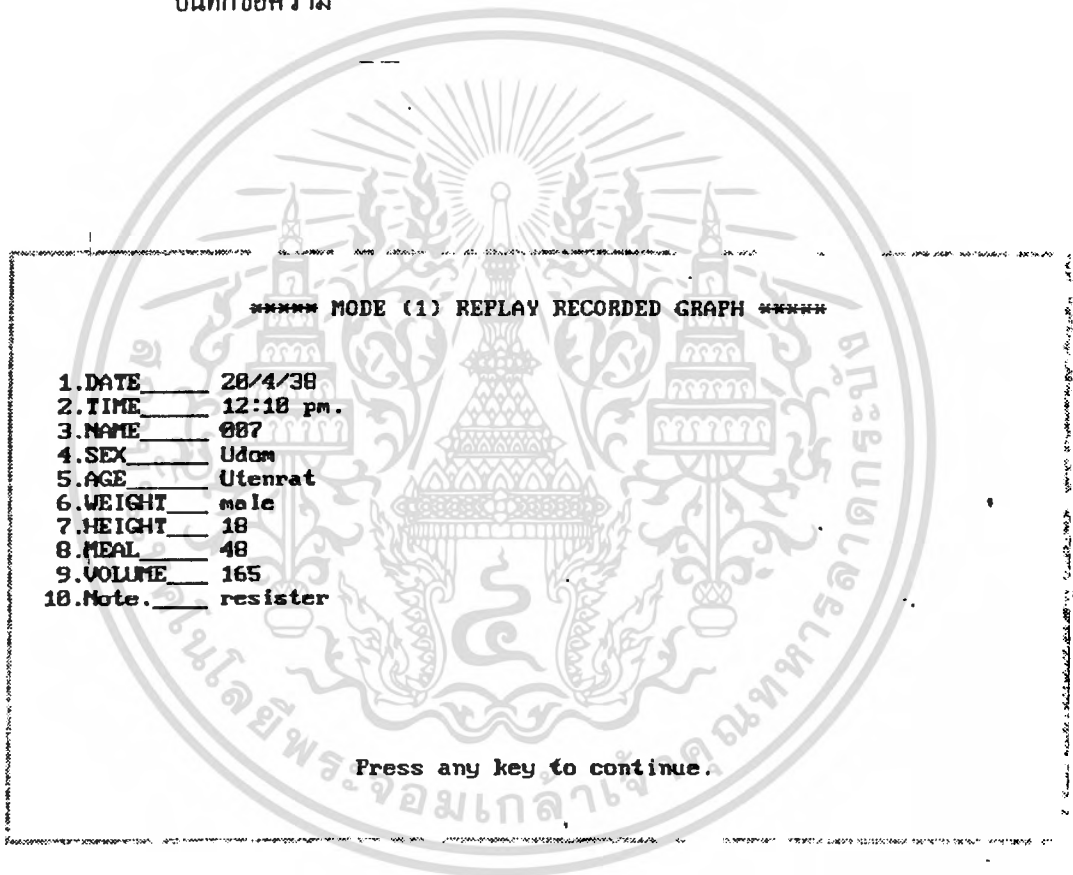
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ตีพิมพ์โดยกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2.3 คอสายปากคียบเข้ากับขั้วโลหะของอิเล็กทรอนิกส์ สีแดง (ตัวส่ง) คียบที่เครื่องหมายบวก สีเขียว (ตัวรับ) คียบที่เครื่องหมายลบ ให้อาสาสมัครอยู่ในท่ากึ่งนอนหงาย และมีการเคลื่อนไหวส่วนลำตัวน้อยที่สุด
- 2.4 เปิดเครื่อง ถ้า LED สีเหลือง ("ERROR") ติด ให้กดปุ่ม "RESET" LED จะดับ จากนั้นกดปุ่ม "START" LED สีแดงจะติด แสดงว่าเครื่องพร้อมแล้ว
- 2.5 จาก "Main Menu" เลือกโหมด (2) โปรแกรมจะเริ่มเก็บข้อมูล
- 2.6 รอจนครบ 5 นาที เครื่องจะคำนวณค่า "Base Impedance" ออกมา และตีเส้นสีเขียว แสดงระดับปกติ
- 2.7 รอเวลาอีก 5 นาที ให้อาสาสมัครตั้งหน้าเตรียมเอาไว้ ให้หมคนในคราวเดียว เส้นกราฟจะสูงขึ้นขึ้นเป็นลำดับ
- 2.8 รอจนเส้นกราฟตกลง จนเข้าสู่สภาวะปกติสักครู่หนึ่ง กดปุ่ม "STOP" LED สีแดงจะดับมีเสียงเตือน 1 ครั้ง เมื่อโปรแกรมถาม กด "C" เพื่อคำนวณค่า $T_{1/2}$ เมื่อคำนวณเสร็จแล้วเครื่องจะแสดงค่าออกมาเป็นนาที
- 2.9 จากนั้นกดปุ่มใด ๆ เพื่อบันทึกรายละเอียดข้อมูลประจำกราฟ จะเข้าสู่หน้าจอของการบันทึกข้อมูล ให้เติมข้อมูลที่ต้องการลงไป ตามด้วยชื่อไฟล์ที่ต้องการจัดเก็บ เมื่อรูปภาพและข้อมูลถูกจัดเก็บแล้ว โปรแกรมจะกลับไปสู่ "Main Menu"
- 2.10 ทำการทดลองตามข้อ 1. อีกครั้ง กับกราฟใหม่ที่เพิ่งทดลองได้

ผลการทดลอง

1. การทดสอบ การแสดงผลกราฟที่ได้บันทึกไว้แล้ว

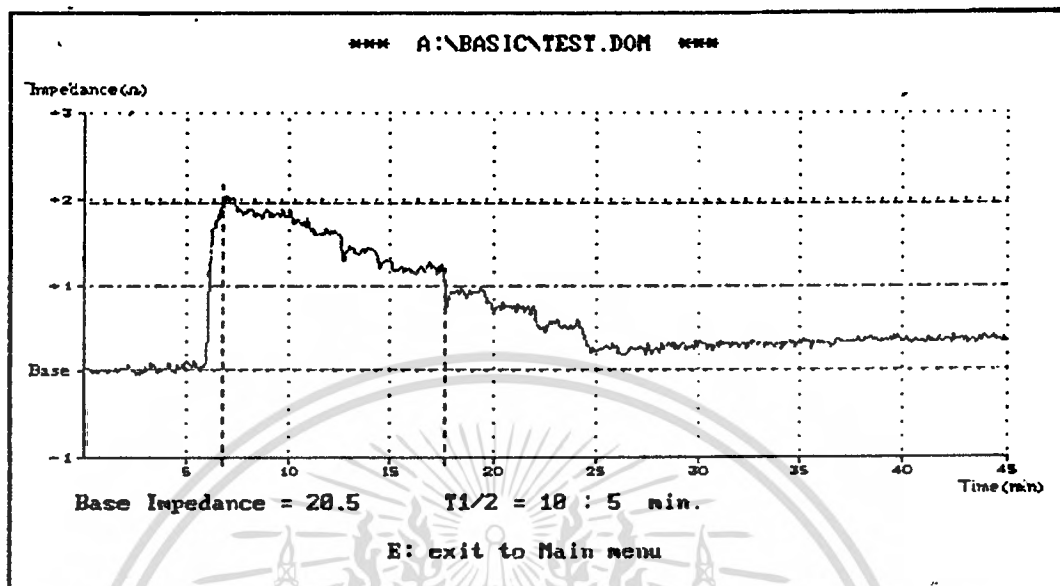
- เมื่อรันโปรแกรมแล้วจะได้หน้าจอของ "Main Menu"
- เมื่อเลือกการทำงานในโหมด (1) และเรียกไฟล์ "TEST" จะได้ข้อมูลต่างๆ ดังรูป 5.1 จากรูปจะมีข้อมูลทั้งหมดอยู่ 10 บรรทัด คือ วันที่, เวลา, ชื่อ, เพศ, อายุ, น้ำหนัก, ส่วนสูง, ชนิดของอาหารที่ใช้ทดลอง, ปริมาณ, และ บันทึกข้อความ



รูปที่ 5.1

- จากนั้นเมื่อกดปุ่มใด ๆ จะได้รูปกราฟดังรูป 5.2 และบอกค่า " Base-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง Impedance" ค่า $T1/2$ และชื่อไฟล์ที่กำลังแสดงผลนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



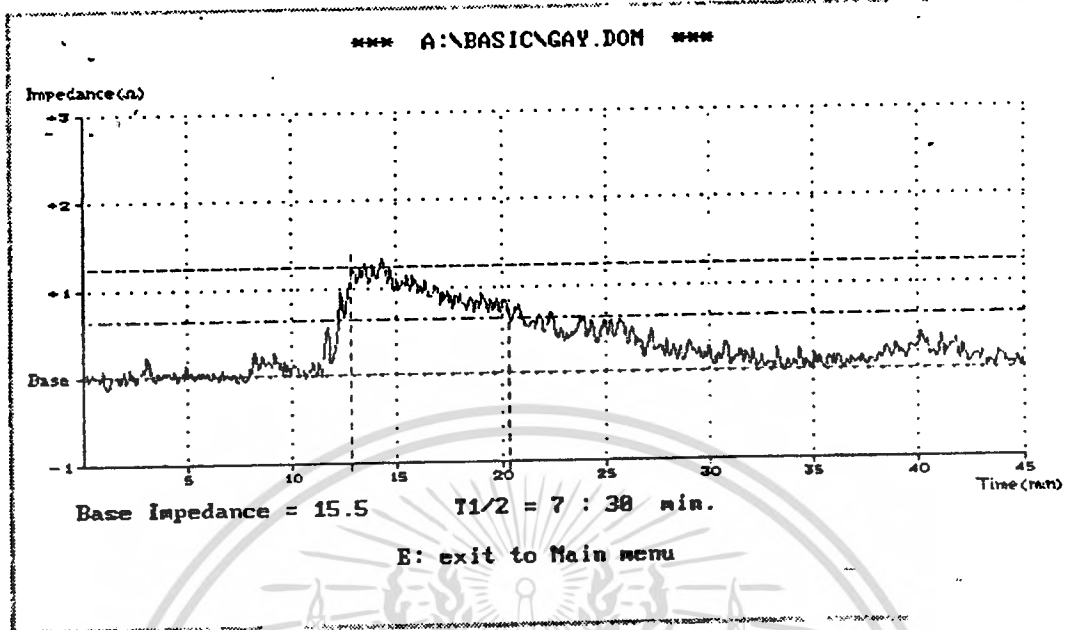
รูปที่ 5.2

- จากนั้นกลับไป " Main Menu " แล้วทดลองเรียกไฟล์ข้อมูลหลาย ๆ ครั้ง พบว่า รายละเอียดข้อมูลและรูปภาพเหมือนกันทุก ๆ ครั้ง แสดงว่าโปรแกรมส่วนนำข้อมูลเก่ากลับมาแสดงผล ใช้การได้ดี

2. การทดสอบ การบันทึกรูปภาพใหม่

- เมื่อทำการทดลองตามข้อ 2.1-2.8 แล้ว จะได้กราฟออกมาดังรูปที่ 5.3 จากรูป เมื่อครบเวลา 5 นาที โปรแกรมจะคำนวณค่า "Base Impedance" ออกมามีค่า 15.5 โอห์ม รูปกราฟมีค่าค่อนข้างคงที่จนเวลาผ่านไปประมาณ นาทีที่ 11 เมื่อให้อาสาสมัครคีมนำเข้าไป เส้นกราฟจะพุ่งขึ้นในลักษณะชันมาก อิมพีแดนซ์ที่เพิ่มขึ้นอ่านค่าได้ประมาณ 1.2 โอห์ม จากนั้นเส้นกราฟจะค่อย ๆ ลาดลงจนลงมาถึงค่าปกติที่ประมาณนาทีที่ 35 และโปรแกรมจะทำการคำนวณค่า T1/2 ออกมาค่าที่ได้ คือ 7 นาที 30 วินาที
- เมื่อทำการทดลองตามข้อ 2.9 แล้วเติมข้อมูลต่าง ๆ ลงไปแล้วจะได้หน้าจอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ 5.4 ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรรมใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3

***** MODE (1) REPLAY RECORDED GRAPH *****

1.DATE	21/4/95
2.TIME	05:20 am.
3.NAME	Somsak Ouanukul
4.SEX	male
5.AGE	24
6.WEIGHT	64 kg.
7.HEIGHT	180 cm.
8.MEAL	POLARIS (drinking water)
9.VOLUME	750 ml.
10.Note.	Test on healthy volunteer.

Press any key to continue.

รูปที่ 5.4

- เมื่อทดลองตามข้อ 2.10 ซึ่งก็คือการนำกราฟที่เพิ่งบันทึกได้กลับมาแสดงผลอีก

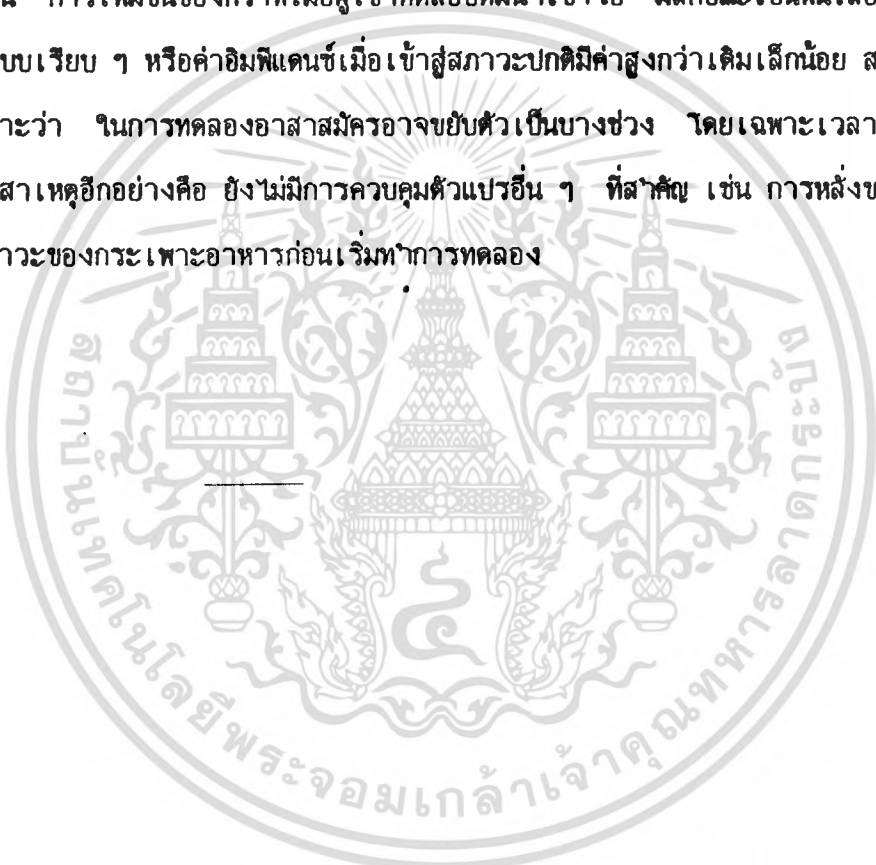
พบว่ารูปกราฟ และข้อมูลต่าง ๆ ครบถ้วนเหมือนตอนบันทึกเข้าไปทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าจะลองเรียกดูกี่ครั้ง
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้พบว่า โครงการสามารถทำงานได้ตามเป้าหมายที่ตั้งเอาไว้ คือ สามารถวัดการย่อย และแสดงผลออกมาเป็นรูปภาพ ตลอดจนคำนวณหาค่า $T1/2$ ออกมาได้ รูปภาพที่ได้สามารถเก็บไว้เป็นไฟล์ พร้อมรายละเอียดทะเบียนประวัติประจำกราฟนั้น ๆ และสามารถเรียกออกมาดู ซ้ำกี่ครั้งก็ได้

รูปภาพที่ได้จากการทดลอง อาจจะมีรูปร่างต่างไปจากในทฤษฎี หรือรูปที่ 3.1 อยู่บ้าง เช่น การเพิ่มขึ้นของกราฟเมื่อผู้เข้าทดสอบดื่มน้ำเข้าไป มีลักษณะเป็นขั้นเลี้ยวแทนที่จะเพิ่มขึ้นแบบเรียบ ๆ หรือค่าอิมพีแดนซ์เมื่อเข้าสู่สภาวะปกติมีค่าสูงกว่าเดิมเล็กน้อย สาเหตุอาจเป็นเพราะว่า ในการทดลองอาสาสมัครอาจย่ำตัวเป็นบางช่วง โดยเฉพาะเวลายกขวดน้ำขึ้นดื่ม สาเหตุอีกอย่างคือ ยังไม่มีการควบคุมตัวแปรอื่น ๆ ที่สำคัญ เช่น การหลังของน้ำย่อย หรือ สภาวะของกระเพาะอาหารก่อนเริ่มทำการทดลอง



หนังสืออ้างอิง

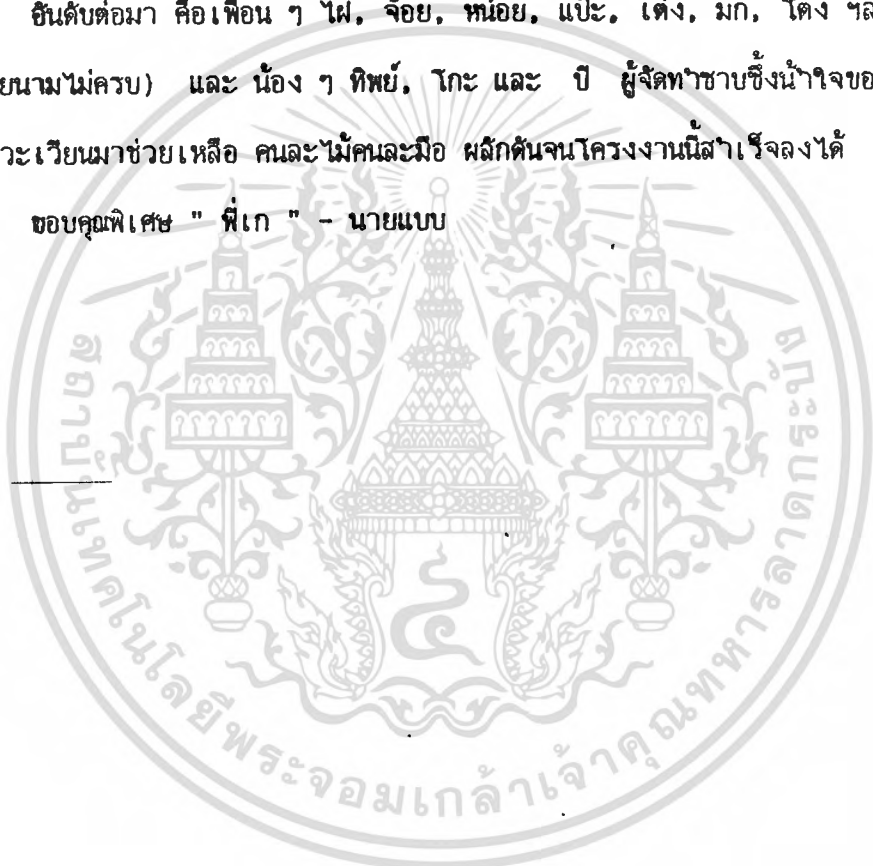
1. DAROLD WOBSCHELL, *Circuit Design for Electronic Instrumentation* (Second Edition), Mc.Graw Hill, 1987.
2. MINCHAI QU, YUJIAN ZHANG, JOHN G. WEBSTER, "Motion Artifact from Spot and Band Electrodes During Impedance Cardiography". *IEEE TRANSACTIONS ON BIOMEDICAL ENGINEERING*, VOL. BME-33, No. 11, November 1986.
3. Lee E. Baker, "Principles of the Impedance Technique", *IEEE ENGINEERING IN MEDICINE AND BIOLOGY MAGAZINE* MARCH 1989.
4. Darby, C.F., Hammond, P., Taylor, I., and Morris, I.R.. (1982). "A method for the simultaneous detection of motility and myoelectrical activity in smooth muscle." *Clin. Phys. Physiol. Meas.*, 3:283-91.
5. Sutton, J.A. (1988), *Epigastric Impedance Measurements of Gastric Emptying* . MD Thesis, University of London.

กิตติกรรมประกาศ

ก่อนอื่นใด ขอขอบคุณท่านอาจารย์ที่ปรึกษา ดร.กิตติพล ชิตสกุล ที่ท่านคอยเอาใจใส่ เป็นอย่างดี มีจิตใจกว้างขวางเข้าใจและให้โอกาสเสมอ มิเคยตำหนิติเตียนใด ๆ ให้เสีย กาลังใจ แม้ว่าผู้จัดทำจะทำงานเสร็จช้าไปบ้าง ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

อันดับต่อมา คือเพื่อน ๆ ฝา, จ้อย, หม้อย, แป๊ะ, เต่ง, มก, โต้ง ฯลฯ (ขอภัย หากเอ่ยนามไม่ครบ) และ น้อง ๆ ทิพย์, โกะ และ ปี ผู้จัดทำซาบซึ้งน้ำใจของทุกคนมาก ที่คอยแวะเวียนมาช่วยเหลือ คนละไม้คนละมือ ผลักดันจนโครงการนี้สำเร็จลงได้

ขอบคุณพิเศษ " พี่เก " - นายแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'Clock
ON TIMER(1) GOSUB TimeUpdate:
TIMER ON
,
'***** Main Menu *****
,
ON ERROR GOTO OnError:
MainMenu:
Str = 0
CLS
SCREEN 7
COLOR 14, 7
DRAW " bd12 br130 c6 l260 u76 r260 d76 bg1 p1,6 "
LOCATE 7, 7: PRINT "EPIGASTRIC EMPTYING RECORDER"
LOCATE 9, 8: PRINT "(1) Display recorded graph"
LOCATE 10, 8: PRINT "(2) Record new graph"
LOCATE 11, 8: PRINT "(3) Quit"
TIMER ON
LOCATE 13, 14
PRINT "Time: "; TIME$
DO
  choice$ = INKEY$
  SELECT CASE choice$
    CASE "1"
      GOTO DisRecEd:
    CASE "2"
      GOTO RecNew:
    CASE "3"
      END
  END SELECT
LOOP
,
'*****
'***** MODE (1) Display Recorded Graph *****
DisRecEd:
TIMER OFF
CLS
SCREEN 9
COLOR 8, 7
LOCATE 3, 19
PRINT "***** MODE (1) REPLAY RECORDED GRAPH *****"
LOCATE 7, 7
INPUT "ENTER DRIVE\PATH\FILENAME *.DOM "; OldFile$
IF OldFile$ = "" THEN GOTO OpenErr:
OPEN OldFile$ + ".DOM" FOR BINARY AS #3
IF ERR1 = 52 THEN GOTO OpenErr:
GET #3, , DatLong
IF DatLong = 0 THEN GOTO OpenErr:
GET #3, , HisLong
GET #3, , BaseImp1
GET #3, , DisYBase1
GET #3, , BaseLine
GET #3, , DisYBase2
GET #3, , MaxAver%

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

GET #3, , EndSlope
GET #3, , DisHalfT
GET #3, , HalfTMin
GET #3, , HalfTSec
REDIM Word(1 TO DatLong) AS INTEGER
DIM Hi$(1 TO 11)
DIM H AS STRING * 1
Ir = 1
Hi$(1) = ""
FOR Ip = 1 TO DatLong
    GET #3, , Word(Ip)
NEXT Ip
FOR Iq = 1 TO HisLong
    GET #3, , H
    IF H <> "@" THEN Hi$(Ir) = Hi$(Ir) + H
    IF H = "@" THEN Ir = Ir + 1
NEXT Iq
CLOSE #3

```

```

LOCATE 7, 12
PRINT "
LOCATE 6, 1
PRINT " 1.DATE _____"
PRINT " 2.TIME _____"
PRINT " 3.NAME _____"
PRINT " 4.SEX _____"
PRINT " 5.AGE _____"
PRINT " 6.WEIGHT _____"
PRINT " 7.HEIGHT _____"
PRINT " 8.MEAL _____"
PRINT " 9.VOLUME _____"
PRINT " 10.Note. _____"
FOR It = 1 TO 10
    LOCATE It + 5, 17
    PRINT Hi$(It)
    Hi$(It) = ""
NEXT It
LOCATE 22, 27
PRINT "Press any key to continue."
DO WHILE INKEY$ = ""
    LOOP
GOSUB Form1:
FOR N = 2 TO DatLong - 1
    GOSUB DisPlayNorm:
NEXT N
GOSUB DisBasIm2:
GOSUB LineBase2:
GOSUB HalfTLine:
LOCATE 23, 31
PRINT "E: exit to Main menu"
DO
    b$ = INKEY$
    IF b$ = "e" OR b$ = "E" THEN GOTO MainMenu:
LOOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

'-----Error handling-----
OpenErr:  CLOSE #3
          KILL OldFile$ + ".DOM"
          BEEP
          CLS
          LOCATE 12, 22
          PRINT "Bad filename or file not found..!"
          FOR Iz = 1 TO 12000: NEXT Iz
          GOTO MainMenu:

```

```

'*****
'***** MODE (2) Record New Graph *****

```

```

RecNew:
TIMER OFF
DIM W(1 TO 60) AS INTEGER
REDIM Word(1 TO 540) AS INTEGER
N = 1
CLS
SCREEN 9
COLOR 8, 7
OPEN "COM2:9600,N,8,1,DS50.RS,RB2048" FOR RANDOM AS #1
IF ERR1 = 24 THEN GOTO TimeOut:

```

```

'-----RecNew: Main Loop-----
L1:
  RS232in$ = INPUT$(1, #1)
  LSBbyte = ASC(RS232in$)
  Status = LSBbyte AND 240

  SELECT CASE Status
    CASE 64
      Str = 1
      GOTO START1:
    CASE 96
      CLOSE #1
      IF Str <> 1 OR N < 61 THEN
        BEEP
        LOCATE 12, 32
        PRINT "STATUS IS STOP..!"
        FOR Iz = 1 TO 12000: NEXT Iz
        GOTO MainMenu:
      END IF
      BEEP
      GOTO STOP1:
    CASE 112
      CLOSE #1
      IF Str <> 1 OR N < 61 THEN
        BEEP
        LOCATE 12, 30
        PRINT "STATUS IS ERROR..!"
        FOR Iz = 1 TO 12000: NEXT Iz
        GOTO MainMenu:
      END IF
      BEEP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        GOTO ERROR1:
    CASE ELSE
        GOTO L1:
    END SELECT
,
'-----START1: part-----
START1:
    Ds$ = INPUT$(1, #1)
    MSBbyte = ASC(Ds$)
    Word(N) = (LSBbyte AND 15) + ((MSBbyte - 128) * 16)
,
'Select case N value for separate data in-
'some parts to calculate Baseline & T1/2.
    SELECT CASE N
        CASE 1 TO 23
            CLS
            LOCATE 3, 21
            PRINT "***** MODE (2) RECORD NEW GRAPH *****"
            LOCATE 8, 30: PRINT "PLEASE WAIT 1 to 24"
            LOCATE 13, 38: PRINT N
        CASE 24
            GOSUB CalBase1:
            GOSUB Form1:
            GOSUB Display1:
        CASE 25 TO 59
            GOSUB DisplayNorm:
        CASE 60
            GOSUB CalAndLineBase2:
        CASE 61 TO 539
            GOSUB DisplayNorm:
        CASE 540
            GOTO STOP1:
    END SELECT
    N = N + 1
    GOTO L1:
,
'-----CalBase1: part-----
'Calculate base imp. by average 24 data part.
CalBase1:
    Sum1 = 0
    FOR I = 1 TO 24
        Sum1 = Sum1 + Word(I)
    NEXT I
    Aver1% = Sum1 / 24
    DubBaseImp1% = (Aver1% / 50) * 2
    BaseImp1 = DubBaseImp1% / 2
    DisYBase1 = Aver1%
RETURN
,
'-----Form 1: To make x-y axit and its detail-----
Form1:
CLS
SCREEN 9
COLOR 4, 7

```

SCREEN 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

COLOR 8, 7
CLS
PRINT
Head$ = "          ***** Epigastric Emptying Graph *****"
  .IF choice$ = "1" THEN
    Po = LEN(OldFile$)
    LOCATE 2, 36 - (Po + 4) / 2
    Head$ = "*** " + UCASE$(OldFile$) + ".DOM ***"
  END IF
  PRINT Head$
  LINE (60, 260)-(600, 260), 1      'x-axit
  LINE (60, 260)-(60, 60), 1      'y-axit
  FOR Scy = 0 TO 200 STEP 50
    LINE (57, 260 - Scy)-(59, 260 - Scy), 1
    LINE (61, 260 - Scy)-(600, 260 - Scy), 9, , &H1010
  NEXT Scy
  ' Show + , -
  FOR cy = 100 TO 200 STEP 50
    LINE (41, 260 - cy)-(45, 260 - cy), 1
    LINE (43, 261 - cy)-(43, 259 - cy), 1
  NEXT cy
  LINE (41, 260)-(45, 260), 1
  ,
  FOR Scx = 60 TO 540 STEP 60
    LINE (60 + Scx, 261)-(60 + Scx, 263), 1
    LINE (60 + Scx, 259)-(60 + Scx, 60), 9, , &H1010
  NEXT Scx
  ,
  '----- PSET CHAR -----
  'Impedance
  FOR Sc = 1 TO 148
    READ x, y
    PSET (-x + 100, -y + 50), 1
  NEXT Sc
  ,
  'time
  FOR Qa = 1 TO 101
    READ x2, y2
    PSET (-x2 + 620, -y2 + 282), 1
  NEXT Qa
  ,
  'base
  FOR Qb = 1 TO 61
    READ x6, y6
    PSET (-x6 + 52, -y6 + 213), 1
  NEXT Qb
  'xNum5
  DIM Ui(1 TO 5)
  Ui(1) = 122
  Ui(2) = 245
  GOSUB Ui120:
  FOR Ts = 1 TO 5
    RESTORE Num5:
    FOR Qs = 1 TO 14
      READ x3, y3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                PSET (-x3 + Ui(Ts), -y3 + 271), 1
            NEXT Qs
        NEXT Ts
    ,
    'xNum0
        Ui(2) = 185
        GOSUB Ui120:
        FOR Tb = 2 TO 5
            RESTORE Num0:
            FOR Ze = 1 TO 12
                READ x4, y4
                PSET (-x4 + Ui(Tb), -y4 + 271), 1
            NEXT Ze
        NEXT Tb
    ,
    'Num1to4
        DIM NumLong(2 TO 5)
        Ui(2) = 179
        GOSUB Ui120:
        FOR Te = 2 TO 5
            READ NumLong(Te)
        NEXT Te
        FOR Th = 2 TO 5
            FOR Ok = 1 TO NumLong(Th)
                READ x5, y5
                FOR Yr = 0 TO 60 STEP 60
                    PSET (-x5 + Ui(Th) + Yr, -y5 + 271), 1
                NEXT Yr
            NEXT Ok
        NEXT Th
    ,
    RESTORE Num1:
        FOR Cf1 = 1 TO 8
            READ x7, y7
            FOR Cd = 263 TO 163 STEP -100
                PSET (-x7 + 52, -y7 + Cd), 1
            NEXT Cd
        NEXT Cf1
    RESTORE Num2:
        FOR Cf2 = 1 TO 13
            READ x8, y8
            PSET (-x8 + 52, -y8 + 113), 1
        NEXT Cf2
    RESTORE Num3:
        FOR Cf3 = 1 TO 13
            READ x9, y9
            PSET (-x9 + 52, -y9 + 63), 1
        NEXT Cf3
    ,
    'Impedance()
    DATA 7,0,17,0,59,0
    DATA 6,1,9,1,10,1,11,1,13,1,14,1,15,1,18,1,23,1,24,1,25,1,28,1,29,1
    DATA 30,1,33,1,36,1,38,1,40,1,41,1,42,1,44,1,46,1,47,1,51,1,52,1,53
    DATA 1,59,1,62,1,64,1,67,1,69,1,70,1,71,1
    DATA 5,2,8,2,11,2,13,2,16,2,19,2,26,2,31,2,33,2,36,2,39,2,42,2,45,2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 ไม่ว่าจะวิธีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DATA 48,2,54,2,57,2,58,2,59,2,62,2,64,2,67,2,70,2
DATA 5,3,10,3,14,3,19,3,22,3,23,3,24,3,25,3,26,3,31,3,33,3,36,3,39,3
DATA 40,3,41,3,45,3,48,3,50,3,51,3,52,3,53,3,54,3,56,3,59,3,62,3,64,3
DATA 67,3,70,3,5,4,10,4,14,4,19,4,22,4,26,4,31,4,33,4,35,4,36,4,39,4
DATA 45,4,48,4,50,4,54,4,56,4,59,4,62,4,64,4,66,4,67,4,70,4
DATA 6,5,11,5,12,5,13,5,18,5,23,5,24,5,25,5,28,5,29,5,30,5,34,5,36,5
DATA 37,5,40,5,41,5,42,5,45,5,46,5,47,5,51,5,52,5,53,5,57,5,58,5,59,5
DATA 60,5,63,5,65,5,67,5,68,5,70,5
DATA 7,6,17,6,45,6,70,6
DATA 45,7,69,7,70,7,71,7
```

```
'time
```

```
DATA 2,0,20,0
DATA 1,1,4,1,7,1,9,1,10,1,12,1,14,1,17,1,21,1,26,1,27,1,28,1,31,1
DATA 33,1,36,1,38,1,39,1,44,1
DATA 0,2,4,2,7,2,10,2,12,2,14,2,17,2,22,2,29,2,31,2,33,2,36,2,39,2
DATA 44,2,0,3,4,3,7,3,10,3,12,3,14,3,17,3,22,3,25,3,26,3,27,3,28,3
DATA 29,3,31,3,33,3,36,3,39,3,44,3
DATA 0,4,4,4,6,4,7,4,10,4,12,4,14,4,16,4,17,4,22,4,25,4,29,4,31,4,33,4
DATA 35,4,36,4,39,4,44,4
DATA 1,5,5,5,7,5,8,5,10,5,13,5,15,5,17,5,18,5,21,5,26,5,27,5,28,5,32,5
DATA 34,5,36,5,37,5,39,5,44,5
DATA 2,6,20,6,44,6
DATA 10,7,39,7,41,7,42,7,43,7,44,7,45,7,46,7,47,7
```

```
'base
```

```
DATA 2,1,3,1,4,1,8,1,9,1,10,1,12,1,14,1,15,1,16,1,19,1,20,1,21,1,22,1
DATA 23,1,5,2,7,2,13,2,16,2,18,2,22,2
DATA 1,3,1,4,2,3,3,3,4,3,5,3,8,3,9,3,13,3,14,3,15,3,18,3,22,3
DATA 5,4,10,4,13,4,19,4,20,4,21,4,22,4
DATA 2,5,3,5,4,5,7,5,8,5,9,5,14,5,15,5,16,5,18,5,22,5
DATA 18,6,22,6
DATA 19,7,20,7,21,7,22,7,23,7
```

```
Num5:
```

```
DATA 1,1,2,1,3,1,4,1,0,2,1,3,2,3,3,3,4,3,4,4,1,5,2,5,3,5,4,5
```

```
Num0:
```

```
DATA 1,1,2,1,3,1,0,2,4,2,0,3,4,3,0,4,4,4,1,5,2,5,3,5
```

```
NumLong:
```

```
DATA 8,13,13,11
```

```
Num1:
```

```
DATA 0,1,1,1,2,1,1,2,1,3,1,4,2,4,1,5
```

```
Num2:
```

```
DATA 0,1,1,1,2,1,3,1,4,1,3,2,2,2,1,3,0,4,4,4,1,5,2,5,3,5
```

```
Num3:
```

```
DATA 1,1,2,1,3,1,0,2,1,3,0,5,3,5,1,4,2,5,4,2,4,5,1,5,2,3
```

```
Num4:
```

```
DATA 1,1,0,2,1,2,2,2,3,2,4,2,1,3,1,4,1,5,3,3,2,4
```

```
'-----Display first part (24 data) in wright level-----
```

```
Display1:
```

```
FOR Ia = 1 TO 23
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่าวิธีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        Y1Plot = (-Word(Ia) + 210 + DisYBase1)
        Y2Plot = (-Word(Ia + 1) + 210 + DisYBase1)
        IF Y1Plot < 60 THEN Y1Plot = 60
        IF Y2Plot < 60 THEN Y2Plot = 60
        IF Y1Plot > 260 THEN Y1Plot = 260
        IF Y2Plot > 260 THEN Y2Plot = 260
        LINE (Ia + 60, Y1Plot)-((Ia + 1) + 60, Y2Plot), 4
    NEXT Ia
DisBasIm2:
    LOCATE 21, 8: PRINT "Base Impedance ="; BaseImp1
RETURN
,
-----Display normal data-----
DisPlayNorm:
    Y1Plot = (-Word(N - 1) + 210 + DisYBase1)
    Y2Plot = (-Word(N) + 210 + DisYBase1)
    IF Y1Plot < 60 THEN Y1Plot = 60
    IF Y2Plot < 60 THEN Y2Plot = 60
    IF Y1Plot > 260 THEN Y1Plot = 260
    IF Y2Plot > 260 THEN Y2Plot = 260
    LINE ((N - 1) + 60, Y1Plot)-(N + 60, Y2Plot), 4
RETURN
,
-----Calculate "Base impedance" from 60 data-----
CalAndLineBase2:
    Sum2 = 0
    FOR Ic = 1 TO 60
        Sum2 = Sum2 + Word(Ic)
    NEXT Ic
    Aver2% = Sum2 / 60
    Wtotal = 0
    Werr = 0
    FOR Ib = 1 TO 60
        W(Ib) = Word(Ib)
        IF W(Ib) > (Aver2% + 25) OR W(Ib) < (Aver2% - 25) THEN
            W(Ib) = 0
            Werr = Werr + 1
        END IF
        Wtotal = Wtotal + W(Ib)
    NEXT Ib
    DisYBase2 = Wtotal / (60 - Werr)
,
LineBase2:
    BaseLine = (-DisYBase2 + 210 + DisYBase1)
    LINE (61, BaseLine)-(600, BaseLine), 2, , &H3F3F
RETURN
,
----- STOP1: part -----
STOP1:
    LOCATE 4, 35: PRINT "..STOP.."
STOP2:
    LOCATE 22, 25: PRINT "choose "; CHR$(34); "C"; CHR$(34);
    PRINT " calculate T1/2 and SAVE "
    LOCATE 23, 25: PRINT "choose "; CHR$(34); "Q"; CHR$(34); " quit: "
    DO

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                IF HinSec >= 0 THEN HalfTMin = HalfTMin + 1
            LOOP
            -HalfTSec = -MinSec
HalfTLine:
    MaxLine = (-MaxAver% + 210 + DisYBase1)
    LINE (61, MaxLine)-(600, MaxLine), 2, , &H3F3F
    HalfYBase2 = (MaxAver% - DisYBase2) / 2 + DisYBase2
    HalfMaxLine = (-HalfYBase2 + 210 + DisYBase1)
    LINE (61, HalfMaxLine)-(600, HalfMaxLine), 2, , &H18FF
    EndS1Line = EndSlope
    LINE (EndS1Line, 264)-(EndS1Line, MaxLine - 10), 14, , &HFOFO
    HalfTLine = DisHalfT
    LINE (HalfTLine, 264)-(HalfTLine, HalfMaxLine - 10), 14, , &HFOFO
    LOCATE 21, 35
    PRINT "T1/2 ="; HalfTMin; ":"; HalfTSec; " min."
PRINT "
PRINT "
RETURN
'-----The impedances are out of range 5-40 ohm-----
ERROR1:
    LOCATE 4, 34: PRINT "..ERROR.."
    GOTO STOP2:
'-----Save:-----
Save:
    LOCATE 23, 26: PRINT "Press any key to continue."
    DO WHILE INKEY$ = ""
    LOOP
CLS
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT " Fill detail of the history."
PRINT
    INPUT " 1.DATE_____"; Date1$
    INPUT " 2.TIME_____"; Time1$
    INPUT " 3.NAME_____"; Name$
    INPUT " 4.SEX_____"; Sex$
    INPUT " 5.AGE_____"; Age$
    INPUT " 6.WEIGHT_____"; Weig$
    INPUT " 7.HEIGHT_____"; Heig$
    INPUT " 8.MEAL_____"; Meal$
    INPUT " 9.VOLUME_____"; Vol$
    INPUT " 10.Notes.____"; Note$
    Hist1$ = Date1$ + "@" + Time1$ + "@" + Name$ + "@" + Sex$
    Hist2$ = "@" + Age$ + "@" + Weig$ + "@" + Heig$ + "@"
    Hist3$ = Meal$ + "@" + Vol$ + "@" + Note$
    History$ = Hist1$ + Hist2$ + Hist3$
    HisLong = LEN(History$)
    DatLong = N
,
OpenF:
    ERR1 = 0
    LOCATE 3, 1
    INPUT " Enter DRIVE\PATH\FILENAME *.DOM "; FileN$
    IF FileN$ = "" THEN GOTO FError:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

OPEN FileN$ + ".DOM" FOR BINARY AS #2
  SELECT CASE ERR1
    CASE 57, 64, 71, 76
      GOTO FError:
  END SELECT
  PUT #2, , DatLong
  PUT #2, , HisLong
  PUT #2, , BaseImp1
  PUT #2, , DisYBase1
  PUT #2, , BaseLine
  PUT #2, , DisYBase2
  PUT #2, , MaxAver%
  PUT #2, , EndSlope
  PUT #2, , DisHalfT
  PUT #2, , HalfTMin
  PUT #2, , HalfTSec
  FOR Im = 1 TO DatLong
    PUT #2, , Word(Im)
  NEXT Im
  PUT #2, , History$
CLOSE #2
RETURN
'-----Error Handling-----
FError:
  BEEP
  LOCATE 3, 1
  Yu$ = "
  PRINT "      Path not found or Bad filename..!" + Yu$
  FOR In = 1 TO 12000
  NEXT In
  GOTO OpenF:
Ui120:
  Ui(3) = Ui(2) + 120
  Ui(4) = Ui(3) + 120
  Ui(5) = Ui(4) + 120
RETURN
OnError:
ERR1 = ERR
RESUME NEXT
'*****
Timeout:
  BEEP
  BEEP
  LOCATE 12, 25
  PRINT "RS232-COMMUNICATION ERROR..!"
  FOR Ot = 1 TO 30000
  NEXT Ot
  GOTO MainMenu:
TimeUpdate:
  LOCATE 13, 20
  PRINT TIME$
RETURN

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CMOS 3.3V, 25 μ s 12-Bit Sampling A/D Converter with Internal Track and Hold

December 1993

Features

- 25 μ s Conversion Time
- 40KSPS Throughput Rate
- Built-In Track and Hold
- Single +3.3V Supply Voltage
- 3.3mW Maximum Power Consumption (+25°C)

Applications

- Remote Low Power Data Acquisition Systems
- Battery Operated Systems
- Pen Based PC Handheld Scanners
- DSP Modems
- General Purpose DSP Front End
- μ P Controlled Measurement Systems
- PCMCIA Type II Compliant
- PC Based Industrial Controls/DAQ Systems

Description

The HI5813 is a 3.3V, very low power, 12-bit successive approximation analog-to-digital converter. It can operate from a single 3V to 6V supply and typically draws a maximum of 1.0mA (at +25°C) when operating at 3.3V. The HI5813 features a built-in track and hold. The conversion time is as low as 25 μ s with a 3.3V supply.

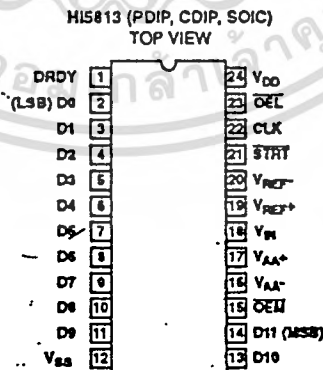
The twelve data outputs feature full high speed CMOS tri-state bus driver capability, and are latched and held through a full conversion cycle. The output is user selectable: (i.e.) 12-bit, 8-bit (MSBs), and/or 4-bit (LSBs). A data ready flag and conversion start input complete the digital interface.

The HI5813 is rated over the full industrial temperature range and is offered in 24 lead narrow body Plastic DIP, narrow body Ceramic DIP, and Plastic SOIC packages.

Ordering Information

PART NUMBER	INL (LSB) (MAX OVER TEMP.)	TEMP. RANGE	PACKAGE
HI5813JIP	± 4.0	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic DIP
HI5813KIP	± 2.5	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic DIP
HI5813JIB	± 4.0	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic SOIC
HI5813KIB	± 2.5	-40°C to +85°C	24 Lead Plastic SOIC
HI5813JIJ	± 4.0	-40°C to +85°C	24 Lead Ceramic DIP
HI5813KIJ	± 2.5	-40°C to +85°C	24 Lead Ceramic DIP

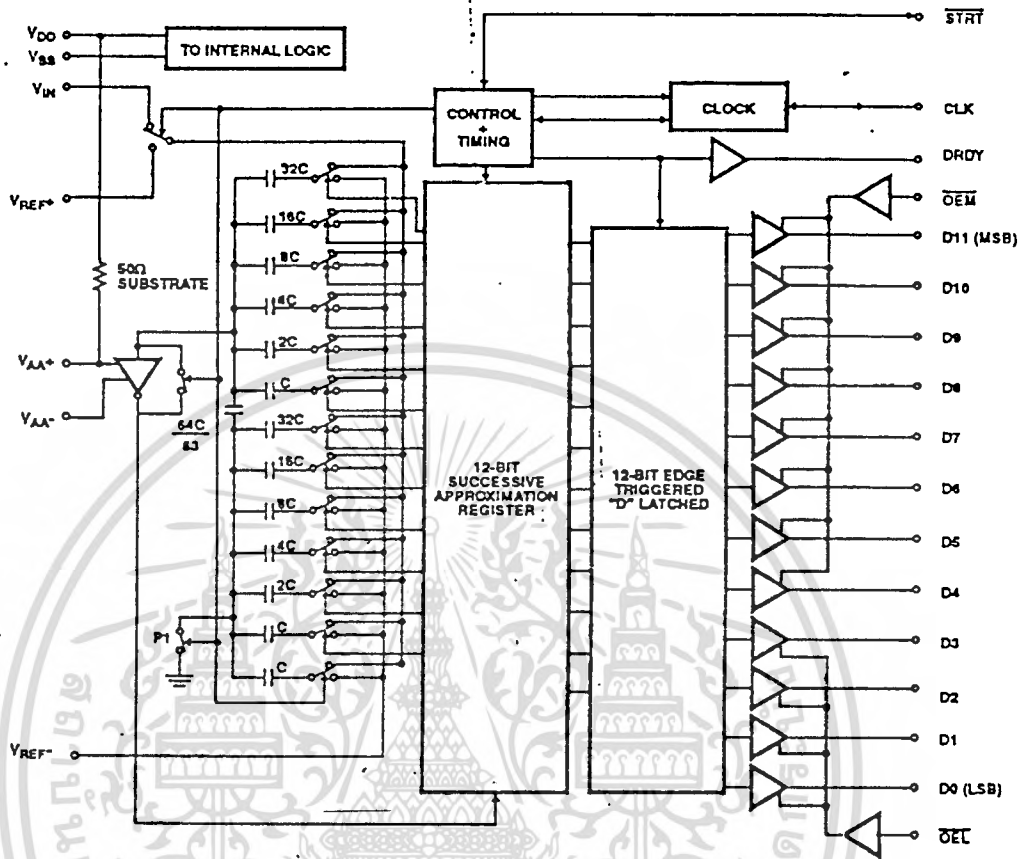
Pinout



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge. Users should follow proper ESD Handling Procedures.

File Number 3634

Functional Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	
V_{DD} to V_{SS}	$(V_{SS} - 0.5V) < V_{DD} < +6.5V$
V_{AA+} to V_{AA-}	$(V_{SS} - 0.5V)$ to $(V_{SS} + 6.5V)$
V_{AA+} to V_{DD}	$\pm 0.3V$
Analog and Reference Inputs	
$V_{IN}, V_{REF+}, V_{REF-}$	$(V_{SS} - 0.3V) < V_{INA} < (V_{DD} + 0.3V)$
Digital I/O Pins	$(V_{SS} - 0.3V) < V_{I/O} < (V_{DD} + 0.3V)$
Operating Temperature Range	
Plastic DIP, Plastic SOIC, and Ceramic DIP	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
Junction Temperature	
Plastic Dip and Plastic SOIC	$+150^{\circ}C$
Ceramic DIP	$+175^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
Lead Temperature (Soldering, 10s)	$+300^{\circ}C$

Thermal Information

Thermal Resistance	θ_{JA}
Plastic DIP	$80^{\circ}C/W$
Plastic SOIC	$75^{\circ}C/W$
Package Power Dissipation at $+85^{\circ}C$ (Note 1)	
Plastic DIP	0.810W
Plastic SOIC	0.870W
Power Dissipation Derating Factor above $+85^{\circ}C$	
Plastic DIP	12mW/ $^{\circ}C$
Plastic SOIC	13mW/ $^{\circ}C$

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

Electrical Specifications $V_{DD} = V_{AA+} = V_{REF+} = 3.3V, V_{SS} = V_{AA-} = V_{REF-} = GND, CLK = 600kHz$ (J suffix),
 $CLK = 500kHz$ (K suffix), Unless Otherwise Specified.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	$+25^{\circ}C$			$-40^{\circ}C$ TO $+85^{\circ}C$		UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	
ACCURACY							
Resolution		12	-	-	12	-	Bits
Integral Linearity Error, INL (End Point)	J	-	-	± 4.0	-	± 4.0	LSB
	K	-	-	± 2.5	-	± 2.5	LSB
Differential Linearity Error, DNL	J	-	-	± 4.0	-	± 4.0	LSB
	K	-	-	± 2.0	-	± 2.0	LSB
Gain Error, FSE (Adjustable to Zero)	J	-	-	± 2.0	-	± 2.0	LSB
	K	-	-	± 2.0	-	± 2.0	LSB
Offset Error, V_{OS} (Adjustable to Zero)	J	-	-	± 3.0	-	± 3.0	LSB
	K	-	-	± 2.5	-	± 2.5	LSB
DYNAMIC CHARACTERISTICS							
Signal to Noise Ratio, SINAD RMS Signal RMS Noise + Distortion	J	$f_S = 600kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	61.5	-	-	dB
	K	$f_S = 500kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	63.9	-	-	dB
Signal to Noise Ratio, SNR RMS Signal RMS Noise	J	$f_S = 600kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	63.2	-	-	dB
	K	$f_S = 500kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	65.1	-	-	dB
Total Harmonic Distortion, THD	J	$f_S = 750kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	-68.4	-	-	dBc
	K	$f_S = 750kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	-70.8	-	-	dBc
Spurious Free Dynamic Range, SFDR	J	$f_S = 600kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	69.0	-	-	dB
	K	$f_S = 500kHz, f_{IN} = 1kHz$	-	71.8	-	-	dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Specifications $V_{DD} = V_{AA+} = V_{REF+} = 3.3V$, $V_{SS} = V_{AA-} = V_{REF-} = GND$, CLK = 600kHz (J suffix), CLK = 500kHz (K suffix), Unless Otherwise Specified. (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	+25°C			-40°C TO +85°C		UNITS
		MIN	TYP	MAX	MIN	MAX	
ANALOG INPUT							
Input Current, Dynamic	At $V_{IN} = V_{REF+}$, 0V	-	±50	±100	-	±100	µA
Input Current, Static	Conversion Stopped	-	±0.4	±10	-	±10	µA
Input Bandwidth -3dB		-	1		-	-	MHz
Reference Input Current		-	160	-	-	-	µA
Input Series Resistance, R_S	In Series with Input C_{SAMPLE}	-	420	-	-	-	Ω
Input Capacitance, C_{SAMPLE}	During Sample State	-	380	-	-	-	pF
Input Capacitance, C_{HOLD}	During Hold State	-	20	-	-	-	pF
DIGITAL INPUTS OEL, OEM, STRT							
High-Level Input Voltage, V_{IH}		2.4	-	-	2.4	-	V
Low-Level Input Voltage, V_{IL}		-	-	0.8	-	0.8	V
Input Leakage Current, I_{IL}	Except CLK, $V_{IN} = 0V, 5V$	-	-	±10	-	±10	µA
Input Capacitance, C_{IN}		-	10		-	-	pF
DIGITAL OUTPUTS							
High-Level Output Voltage, V_{OH}	$I_{SOURCE} = -400µA$	2.6	-	-	2.6	-	V
Low-Level Output Voltage, V_{OL}	$I_{SINK} = 1.6mA$	-	-	0.4	-	0.4	V
Tri-State Leakage, I_{OZ}	Except DRDY, $V_{OUT} = 0V, 3.3V$	-	-	±10	-	±10	µA
Output Capacitance, C_{OUT}	Except DRDY	-	20	-	-	-	pF
TIMING							
Conversion Time ($t_{CONV} + t_{ACQ}$) (Includes Acquisition Time)	J	25	-	-	25	-	µs
	K	30	-	-	30	-	µs
Clock Frequency	(Note 2)	0.05	-	0.75	0.05	0.75	MHz
Clock Pulse Width, t_{LOW}, t_{HIGH}	(Note 2)	100	-	-	100	-	ns
Aperture Delay, t_{APR}	(Note 2)	-	35	50	-	70	ns
Clock to Data Ready Delay, t_{D1DRDY}	(Note 2)	-	180	210	-	240	ns
Clock to Data Ready Delay, t_{D2DRDY}	(Note 2)	-	180	220	-	250	ns
Start Removal Time, t_{RSTRT}	(Note 2)	75	30	-	75	-	ns
Start Setup Time, t_{SUSTRT}	(Note 2)	85	60	-	30	-	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่จำกัดสิทธิ์ ทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ตีพิมพ์ลงนิตยสาร และห้องยี่ ฟอรัมถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มี การนำไปใช้

TABLE 1. PIN DESCRIPTION

PIN #	NAME	DESCRIPTION
1	DRDY	Output flag signifying new data is available. Goes high at end of clock period 15. Goes low when new conversion is started.
2	D0	Bit-0 (Least significant bit, LSB)
3	D1	Bit-1
4	D2	Bit-2
5	D3	Bit-3
6	D4	Bit-4
7	D5	Bit-5
8	D6	Bit-6
9	D7	Bit-7
10	D8	Bit-8
11	D9	Bit-9
12	V _{SS}	Digital ground, (0V).
13	D10	Bit-10
14	D11	Bit-11 (Most significant bit, MSB)
15	OEM	Tri-state enable for D4-D11. Active low input.
16	V _{AA} -	Analog ground, (0V).
17	V _{AA} +	Analog positive supply, (+3.3V) (See text)
18	V _{IN}	Analog Input.
19	V _{REF} +	Reference voltage positive input, sets 4095 code end of input range.
20	V _{REF} -	Reference voltage negative input, sets 0 code end of input range.
21	STRF	Start conversion input active low, recognized after end of clock period 15.
22	CLK	CLK input. Conversion functions are synchronized to positive going edge. (See text)
23	OEL	Tri-state enable for D0 - D3. Active low input.
24	V _{DD}	Digital positive supply (+3.3V).

Theory of Operation

HI5813 is a CMOS 12-Bit Analog-to-Digital Converter that uses capacitor charge balancing to successively approximate the analog input. A binary weighted capacitor network forms the A/D heart of the device. See the block diagram for the HI5813.

The capacitor network has a common node which is connected to a comparator. The second terminal of each capacitor is individually switchable to the input, V_{REF} or V_{REF}-.

During the first three clock periods of a conversion cycle, the switchable end of every capacitor is connected to the input and the comparator is being auto balanced at the capacitor common node.

During the fourth period, all capacitors are disconnected from the input; the one representing the MSB (D11) is connected to the V_{REF} terminal; and the remaining capacitors to V_{REF}-. The capacitor common node, after the charges balance out, will indicate whether the input was above 1/2 of (V_{REF} + V_{REF}-). At the end of the fourth period, the comparator output is stored and the MSB capacitor is either left connected to V_{REF} (if the comparator was high) or returned to V_{REF}-. This allows the next comparison to be at either 3/4 or 1/4 of (V_{REF} + V_{REF}-).

At the end of periods 5 through 14, capacitors representing D10 through D1 are tested, the result stored, and each capacitor either left at V_{REF} or at V_{REF}-.

At the end of the 15th period, when the LSB (D0) capacitor is tested, (D0) and all the previous results are shifted to the output registers and drivers. The capacitors are reconnected to the input, the comparator returns to the balance state, and the data ready output goes active. The conversion cycle is now complete.

Analog Input

The analog input pin is a predominately capacitive load that changes between the track and hold periods of the conversion cycle. During hold, clock period 4 through 15, the input loading is leakage and stray capacitance, typically less than 5µA and 20pF.

At the start of input tracking, clock period 1, some charge is dumped back to the input pin. The input source must have low enough impedance to dissipate the current spike by the end of the tracking period. The amount of charge is dependent on supply and input voltages. The average current is also proportional to clock frequency.

As long as these current spikes settle completely by end of the signal acquisition period, converter accuracy will be preserved. The analog input is tracked for 3 clock cycles. With a clock of 500kHz the track period is 6µs.

A simplified analog input model is presented in Figure 12. During tracking, the A/D input (V_{IN}) typically appears as a 380pF capacitor being charged through a 420Ω internal switch resistance. The time constant is 160ns. To charge this capacitor from an external "zero Ω" source to 0.5 LSB (1/8192), the charging time must be at least 9 time constants or 1.4µs. The maximum source impedance (R_{SOURCE} Max) for a 6µs acquisition time settling to within 0.5 LSB is 1.3kΩ.

If the clock frequency was slower, or the converter was not restarted immediately (causing a longer sample time), a higher source impedance could be tolerated.

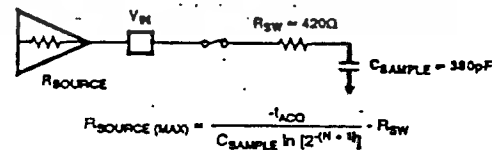


FIGURE 12. ANALOG INPUT MODEL IN TRACK MODE

Signal-To-Noise Ratio

The signal to noise ratio (SNR) is the measured RMS signal to RMS sum of noise at a specified input and sampling frequency. The noise is the RMS sum of all except the fundamental and the first five harmonic signals. The SNR is dependent on the number of quantization levels used in the converter. The theoretical SNR for an N-bit converter with no differential or integral linearity error is: $SNR = (6.02N + 1.76)dB$. For an ideal 12-bit converter the SNR is 74dB. Differential and integral linearity errors will degrade SNR.

$$SNR = 10 \log \frac{\text{Sinewave Signal Power}}{\text{Total Noise Power}}$$

Signal-To-Noise + Distortion Ratio

SINAD is the measured RMS signal to RMS sum of noise plus harmonic power and is expressed by the following.

$$SINAD = 10 \log \frac{\text{Sinewave Signal Power}}{\text{Noise + Harmonic Power (2nd - 6th)}}$$

Effective Number of Bits

The effective number of bits (ENOB) is derived from the SINAD data:

$$ENOB = \frac{SINAD - 1.76}{6.02}$$

Total Harmonic Distortion

The total harmonic distortion (THD) is the ratio of the RMS sum of the second through sixth harmonic components to the fundamental RMS signal for a specified input and sampling frequency.

$$THD = 10 \log \frac{\text{Total Harmonic Power (2nd - 6th Harmonic)}}{\text{Sinewave Signal Power}}$$

Spurious-Free Dynamic Range

The spurious-free dynamic range (SFDR) is the ratio of the fundamental RMS amplitude to the rms amplitude of the next largest spur or spectral component. If the harmonics are buried in the noise floor it is the largest peak.

$$SFDR = 10 \log \frac{\text{Sinewave Signal Power}}{\text{Highest Spurious Signal Power}}$$



TABLE 2. CODE TABLE

CODE DESCRIPTION	INPUT VOLTAGE† $V_{REF+} = 3.3V$ $V_{REF-} = 0.0V$ (V)	DECIMAL COUNT	BINARY OUTPUT CODE												
			MSB											LSB	
			D11	D10	D9	D8	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
Full Scale (FS)	3.2992	4095	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
FS - 1 LSB	3.2984	4094	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
$3/4$ FS	2.4750	3072	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$1/2$ FS	1.6500	2048	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
$1/4$ FS	0.8250	1024	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1 LSB	0.00080566	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Zero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

†The voltages listed above represent the ideal lower transition of each output code shown as a function of the reference voltage.

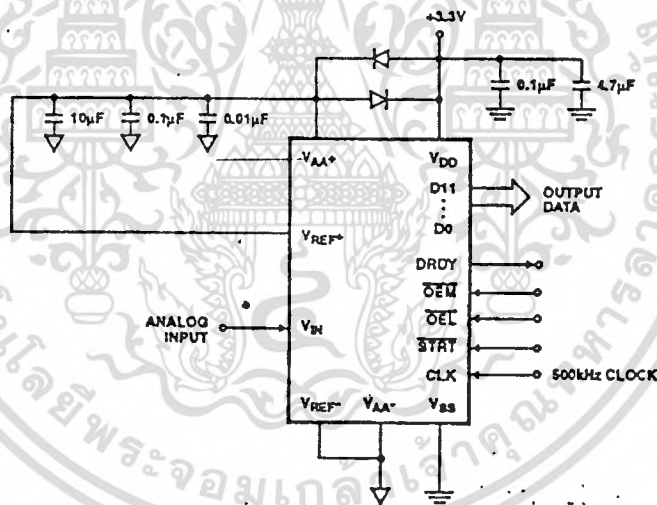


FIGURE 13. GROUND AND SUPPLY DECOUPLING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reference Input

The reference input V_{REF+} should be driven from a low impedance source and be well decoupled.

Current spikes are generated on the reference pin during each bit test of the successive approximation part of the conversion cycle as the charge balancing capacitors are switched between V_{REF-} and V_{REF+} (clock periods 5 - 14). These current spikes must settle completely during each bit test of the conversion to not degrade the accuracy of the converter. Therefore V_{REF+} and V_{REF-} should be well bypassed. Reference input V_{REF-} is normally connected directly to the analog ground plane. If V_{REF-} is biased for nulling the converters offset it must be stable during the conversion cycle.

Full Scale and Offset Adjustment

In many applications the accuracy of the HI5813 would be sufficient without any adjustments. In applications where accuracy is of utmost importance full scale and offset errors may be adjusted to zero.

The V_{REF+} and V_{REF-} pins reference the two ends of the analog input range and may be used for offset and full scale adjustments. In a typical system the V_{REF-} might be returned to a clean ground, and the offset adjustment done on an input amplifier. V_{REF+} would then be adjusted to null out the full scale error. When this is not possible, the V_{REF-} input can be adjusted to null the offset error, however, V_{REF-} must be well decoupled.

Full scale and offset error can also be adjusted to zero in the signal conditioning amplifier driving the analog input (V_{IN}).

Control Signal

The HI5813 may be synchronized from an external source by using the \overline{START} (Start Conversion) input to initiate conversion, or if \overline{START} is tied low, may be allowed to free run. Each conversion cycle takes 15 clock periods.

The input is tracked from clock period 1 through period 3, then disconnected as the successive approximation takes place. After the start of the next period 1 (specified by T_D data), the output is updated.

The $DRDY$ (Data Ready) status output goes high (specified by T_{D1DRDY}) after the start of clock period 1, and returns low (specified by T_{D2DRDY}) after the start of clock period 2.

The 12 data bits are available in parallel on tri-state bus driver outputs. When low, the OEM input enables the most significant byte (D4 through D11) while the OEL input enables the four least significant bits (D0 - D3). T_{EN} and T_{DIS} specify the output enable and disable times.

If the output data is to be latched externally, either the trailing edge of data ready or the next falling edge of the clock after data ready goes high can be used.

Figure 2 shows operation of the HI5813 when the \overline{START} pin is used to initiate a conversion. If \overline{START} is taken high at least T_{RSTART} before clock period 1 and is not reapplied during that period, the converter will stay in the track mode and the

$DRDY$ output will remain high. A low signal applied to \overline{START} will bring the $DRDY$ flag low and the conversion will continue with clock period 3 on the first positive going clock edge that meets the $T_{SUSTART}$ setup time.

Clock

The clock used to drive the HI5813 can range in frequency from 50kHz up to 750kHz. All converter functions are synchronized with the rising edge of the clock signal. The clock can be shut off only during the sample (track) portion of the conversion cycle. At other times it must be above the minimum frequency shown in the specifications. In the above two cases, a further restriction applies in that the clock should not be shut off during the third sample period for more than 1ms. This might cause an internal charge pump voltage to decay.

If the clock is shut off during the conversion time (clock cycles 4 through 15) of the A/D, the output might be invalid due to balancing capacitor droop.

The clock must also meet the minimum T_{LOW} and T_{HIGH} times shown in the specifications. A violation may cause an internal miscount and invalidate the results.

Power Supplies and Grounding

V_{DD} and V_{SS} are the digital supply pins; they power all internal logic and the output drivers. Because the output drivers can cause fast current spikes in the V_{DD} and V_{SS} lines, V_{SS} should have a low impedance path to digital ground and V_{DD} should be well bypassed.

Except for V_{AA+} , which is a substrate connection to V_{DD} , all pins have protection diodes connected to V_{DD} and V_{SS} . Input transients above V_{DD} or below V_{SS} will get steered to the digital supplies.

The V_{AA+} and V_{AA-} terminals supply the charge balancing comparator only. Because the comparator is autobalanced between conversions, it has good low frequency supply rejection. It does not reject well at high frequencies however; V_{AA-} should be returned to a clean analog ground and V_{AA+} should be RC decoupled from the digital supply as shown in Figure 10.

There is approximately 50 Ω of substrate impedance between V_{DD} and V_{AA+} . This can be used, for example, as part of a low pass RC filter to attenuate switching supply noise. A 10 μ F capacitor from V_{AA+} to ground would attenuate 30kHz noise by approximately 40dB. Note that back to back diodes should be placed from V_{DD} to V_{AA+} to handle supply to capacitor turn-on or turn-off current spikes.

Dynamic Performance

Fast Fourier Transform (FFT) techniques are used to evaluate the dynamic performance of the A/D. A low distortion sine wave is applied to the input of the A/D converter. The input is sampled by the A/D and its output stored in RAM. The data is then transformed into the frequency domain with a 4096 point FFT and analyzed to evaluate the converters dynamic performance such as SNR and THD. See typical performance characteristics.

6N137

Super-High Speed Response OPIC Photocoupler

Features

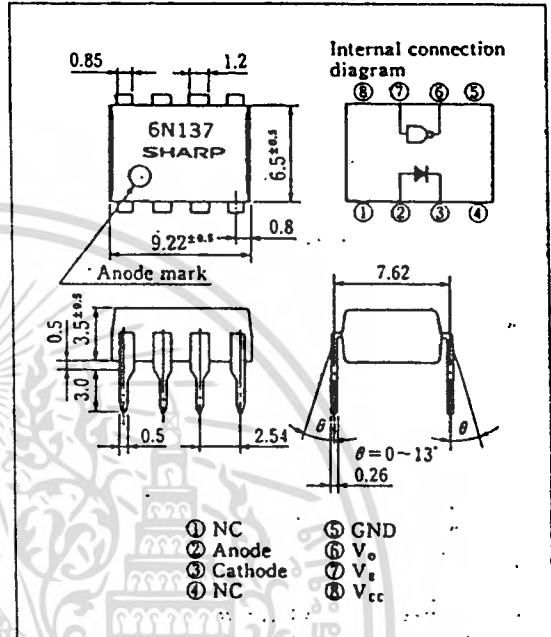
- Super-high speed response
(t_{PHL} , t_{PLH} : TYP. 45ns at $R_L = 350\Omega$)
- Isolation voltage between input and output
 V_{iso} : 2,500Vrms
- Low input current drive (I_{FHL} : MAX. 5mA)
- Instantaneous common mode rejection voltage
 CM_H : TYP. 500V/ μ s
- LSTTL and TTL compatible output
- Overseas standard model
- UL recognized, file No. E64380

Applications

- High speed interfaces for computer peripherals, microcomputer systems
- High speed line receivers
- Noise reduction
- Interfaces for data transmission equipment

Outline Dimensions

(Unit : mm)



* OPIC is a trademark of Sharp and stands for Optical IC. It has a light detecting element and signal processing circuitry integrated onto a single chip.

Absolute Maximum Ratings

($T_a = 25^\circ\text{C}$)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Input	*1 Forward current	I_F	20 mA
	*2 Peak forward current	I_{PF}	40 mA
	Reverse voltage	V_R	5 V
Output	*3 Supply voltage	V_{CC}	7 V
	*4 Enable voltage	V_E	5.5 V
	High level output voltage	V_{OH}	7 V
	Low level output current	I_{OL}	50 mA
	Output collector power dissipation	P_C	85 mW
	*5 Isolation voltage	V_{iso}	2,500 Vrms
Operating temperature	T_{opr}	0 to +70	$^\circ\text{C}$
Storage temperature	T_{stg}	-55 to +125	$^\circ\text{C}$
*6 Soldering temperature	T_{sol}	260	$^\circ\text{C}$

- $T_a = 0$ to 70°C
- Pulse width ≤ 1 ms
- For 1 minute MAX.
- Not exceed 500mV or more than supply voltage (V_{cc}).

- AC for 1 minute, 40 to 60% RH. Apply the specific voltage between all the input electrode pins connected together and all the output electrode pins connected together.
- 2mm or more away from the lead base for 10 seconds

SHARP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electro-optical Characteristics

(Ta=0~+70°C unless otherwise specified)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Logic (1) output current	I _{OH}	V _{CC} =5.5V, V _O =5.5V, I _F =250μA, V _E =2.0V	—	2	250	μA
Logic (0) output voltage	V _{OL}	V _{CC} =5.5V, I _F =5mA, V _{EH} =2.0V, I _{OL} (Sinking)=13mA	—	0.4	0.6	V
Logic (1) enable current	I _{EH}	V _{CC} =5.5V, V _E =2.0V	—	-0.8	—	mA
Logic (0) enable current	I _{EL}	V _{CC} =5.5V, V _E =0.5V	—	-1.2	-2.0	mA
Logic (1) supply current	I _{CCH}	V _{CC} =5.5V, I _F =0mA, V _E =0.5V	—	7	15	mA
Logic (0) supply current	I _{CCL}	V _{CC} =5.5V, I _F =10mA, V _E =0.5V	—	13	18	mA
*1 Leak current	I _{I-O}	Relative Humidity=45%, Ta=25°C, I _F =5μA, V _{I-O} =3000V _{DC}	—	—	1.0	μA
*1 Isolation resistance (input-output)	R _{I-O}	V _{I-O} =500V, Ta=25°C	—	10 ¹²	—	Ω
*1 Capacitance (input-output)	C _{I-O}	f=1MHz, Ta=25°C	—	0.6	—	pF
*2 Input forward voltage	V _F	I _F =10mA, Ta=25°C	—	1.6	1.75	V
Input reverse voltage	BV _R	I _R =10μA, Ta=25°C	5	—	—	V
Input capacitance	C _{IN}	V _F =0, f=1MHz	—	60	—	pF
*3 Current transfer ratio	CTR	I _F =5.0mA, R _L =100Ω	—	700	—	%
*4 Propagation delay time Output (0) → (1)	t _{PLH}	Ta=25°C, V _{CC} =5V, R _L =350Ω, C _L =15pF, I _F =7.5mA	—	45	75	ns
*5 Propagation delay time Output (1) → (0)	t _{PHL}	Ta=25°C, V _{CC} =5V, R _L =350Ω, C _L =15pF, I _F =7.5mA	—	45	75	ns
Output rise-fall time (10-90%)	t _r , t _f	R _L =350Ω, C _L =15pF, I _F =7.5mA	—	20, 30	—	ns
*6 Enable propagation delay time (1) → (0)	t _{ELH}	R _L =350Ω, C _L =15pF, I _F =7.5mA, V _{EH} =3.0V, V _{EL} =0.5V	—	40	—	ns
*7 Enable propagation delay time (0) → (1)	t _{EH}	R _L =350Ω, C _L =15pF, I _F =7.5mA, V _{EH} =3.0V, V _{EL} =0.5V	—	15	—	ns
*8 Instantaneous common mode rejection voltage "output (0)"	CM _H	V _{CM} =10V, R _L =350Ω, V _O (min.)=2V, I _F =0mA	—	500	—	V/μs
*8 Instantaneous common mode rejection voltage "output (1)"	CM _L	V _{CM} =10V, R _L =350Ω, V _O (max.)=0.8V, I _F =5mA	—	-500	—	V/μs

- Note) Typical values are all at V_{CC}=5V, Ta=25°C
- *1 Measured as 2-pin element. Connect pins 2 and 3, connect pins 5, 6, 7 and 8.
 - *2 At I_F=10mA, V_F decreases at the rate of 1.6mV/°C if the temperature goes up.
 - *3 DC current transfer ratio is defined as the ratio of output collector current to forward bias input current.
 - *4, *5 Refer to the Fig. 1.
 - *6, *7 Refer to the Fig. 2.
 - *8 CM_H represents a common mode voltage ignorable rise time ratio that can hold logic (1) state in output. CM_L represents a common mode voltage ignorable fall time ratio that can hold logic (0) state in output.

Recommended Operating Conditions

Parameter	Symbol	MIN.	MAX.	Unit
Low level input current	I _{FL}	0	250	μA
High level input current	I _{FH}	*6.3	15	mA
High level enable voltage	V _{EH}	2.0	V _{CC}	V
Low level enable voltage	V _{EL}	0	0.8	V
Supply voltage	V _{CC}	4.5	5.5	V
Fanout (TTL load)	N	—	8	
Operating temperature	T _{opr}	0	70	°C

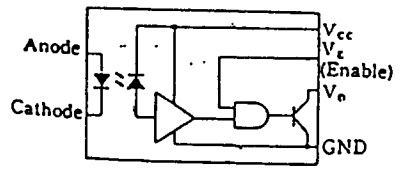
- No necessary external pull-up resistor to hold enable input at high level
- Connect a ceramic by-pass capacitor (0.01 to 0.1μF) between V_{CC} and GND at the position within 1cm from pin.
- * 20% guard band, switching threshold for degradation of CTR are 5mA or less at initial value.

Truth Table

Input	Enable	Output
H	H	L
L	H	H
H	L	H
L	L	H

L : Logic (0), H : Logic (1)

Circuit Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 1 Test Circuit for Propagation Delay time

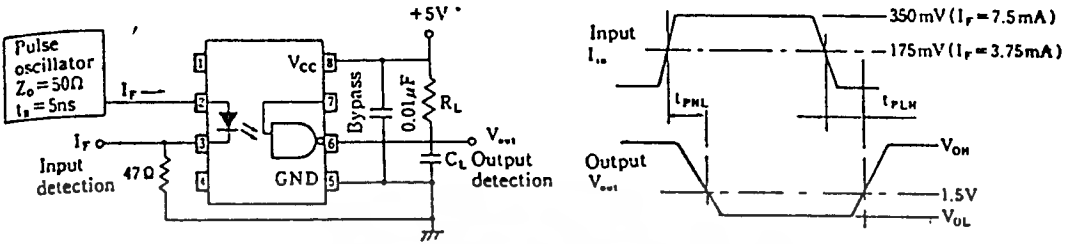


Fig. 2 Test Circuit for Enable Propagation Delay Time

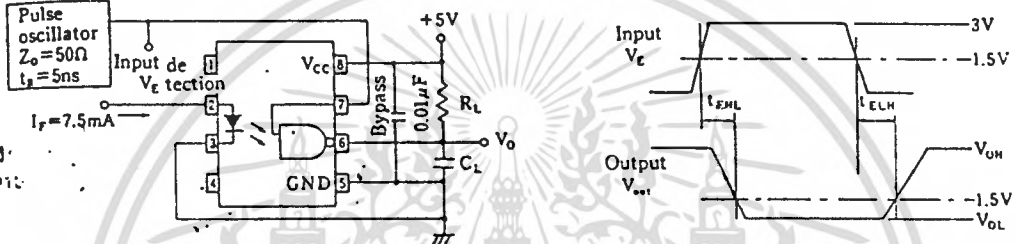


Fig. 3 Test Circuit for Instantaneous Common Mode Rejection Voltage

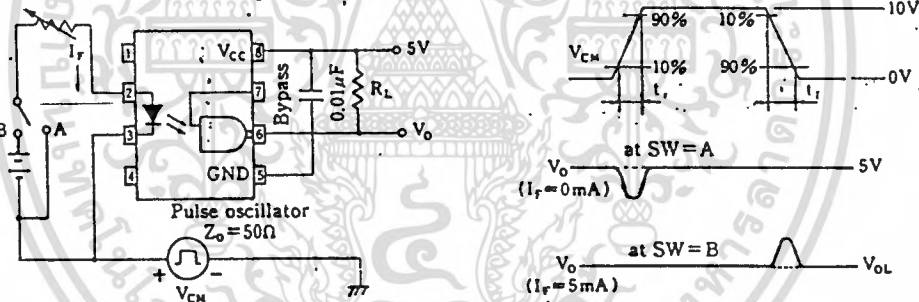


Fig. 4. Output Collector Power Dissipation vs. Ambient Temperature

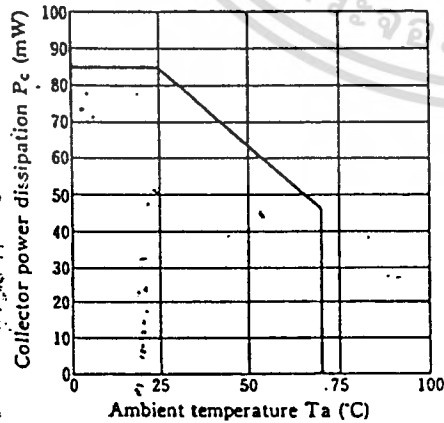
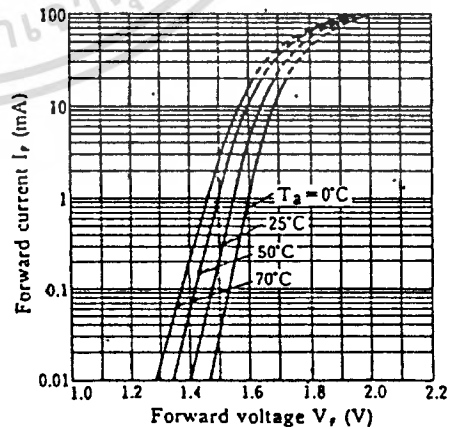


Fig. 5 Forward Current vs. Forward Voltage



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fig. 6 High Level Output Current vs. Ambient Temperature

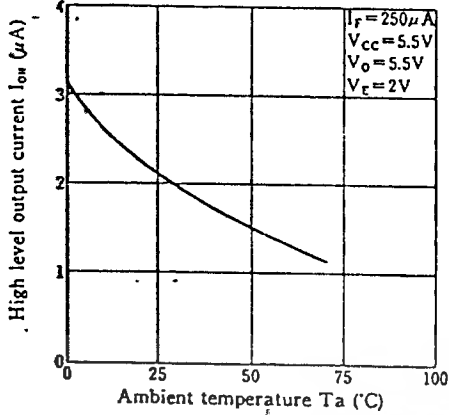


Fig. 7 Low Level Output Current vs. Ambient Temperature

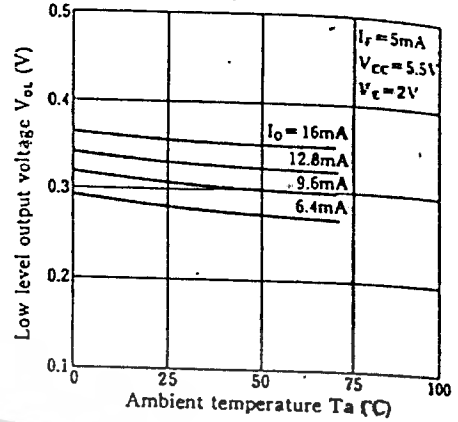


Fig. 8 Output Voltage vs. Forward Current

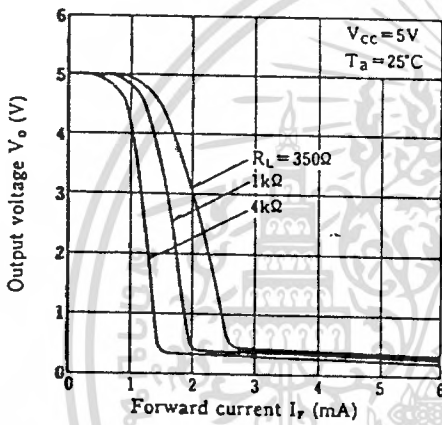


Fig. 9 Output Voltage vs. Forward Current (Ambient Temperature)

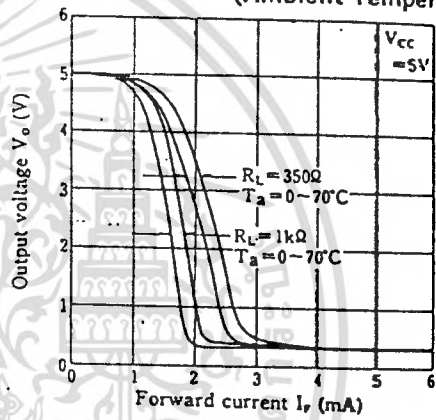


Fig. 10 Propagation Delay Time vs. Forward Current

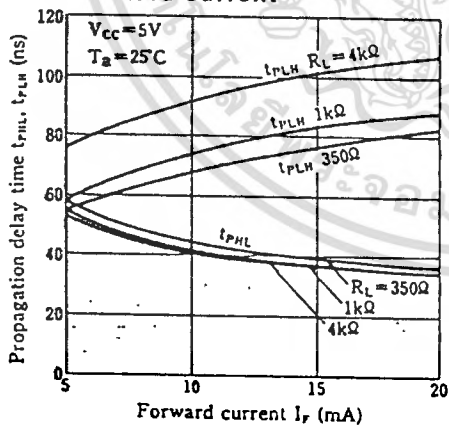
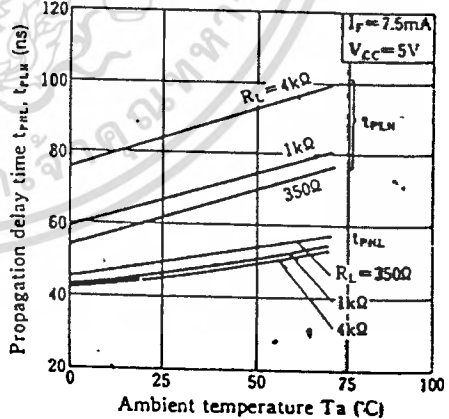


Fig. 11 Propagation Delay Time vs. Ambient Temperature



Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	±18V
Power Dissipation (Notes 1 and 6)	670 mW
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
T _{J(MAX)}	115°C
Differential Input Voltage	±30V

Input Voltage Range (Note 2)	±15V
Output Short Circuit Duration	Continuous
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
θ _{JA}	120°C/W
ESD rating to be determined.	

DC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	TL081C			Units
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S = 10 kΩ, T _A = 25°C Over Temperature		5	15 20	mV mV
ΔV _{OS} /ΔT	Average TC of Input Offset Voltage	R _S = 10 kΩ		10		μV/°C
I _{OS}	Input Offset Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J ≤ 70°C		25	100 4	pA nA
I _B	Input Bias Current	T _J = 25°C, (Notes 3, 4) T _J ≤ 70°C		50	200 8	pA nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J = 25°C		10 ¹²		Ω
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S = ±15V, T _A = 25°C V _O = ±10V, R _L = 2 kΩ Over Temperature	25 15	100		V/mV V/mV
V _O	Output Voltage Swing	V _S = ±15V, R _L = 10 kΩ	±12	±13.5		V
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	V _S = ±15V	±11	+15 -12		V V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S ≤ 10 kΩ	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 5)	70	100		dB
I _S	Supply Current			1.8	2.8	mA

AC Electrical Characteristics (Note 3)

Symbol	Parameter	Conditions	TL081C			Units
			Min	Typ	Max	
SR	Slew Rate	V _S = ±15V, T _A = 25°C		13		V/μs
GBW	Gain Bandwidth Product	V _S = ±15V, T _A = 25°C		4		MHz
e _n	Equivalent Input Noise Voltage	T _A = 25°C, R _S = 100Ω, f = 1000 Hz		25		nV/√Hz
i _n	Equivalent Input Noise Current	T _J = 25°C, f = 1000 Hz		0.01		pA/√Hz

Note 1: For operating at elevated temperature, the device must be derated based on a thermal resistance of 120°C/W junction to ambient for N package.

Note 2: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 3: These specifications apply for V_S = ±15V and 0°C ≤ T_A ≤ +70°C. V_{OS}, I_B and I_{OS} are measured at V_{CM} = 0.

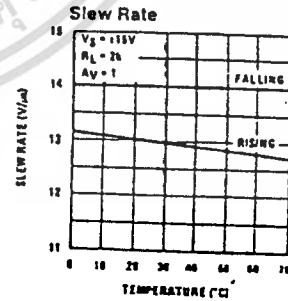
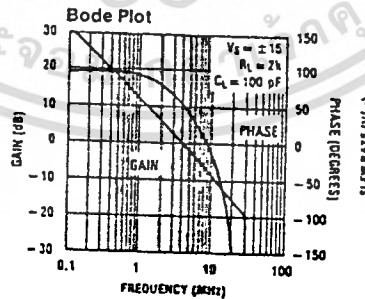
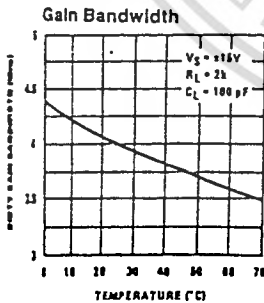
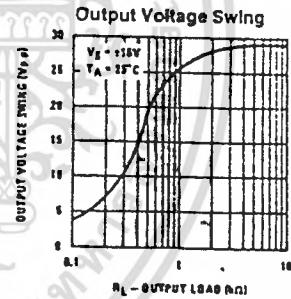
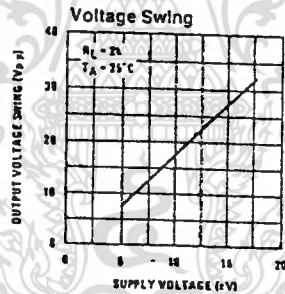
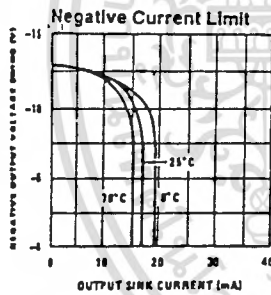
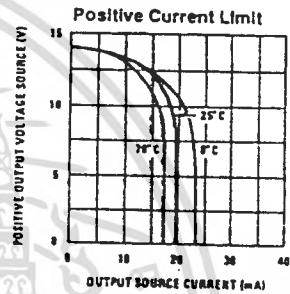
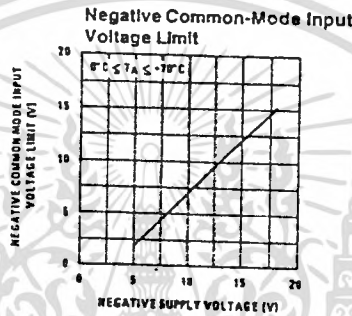
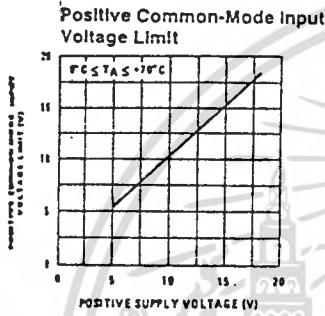
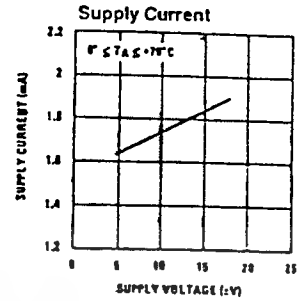
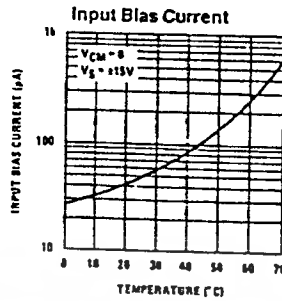
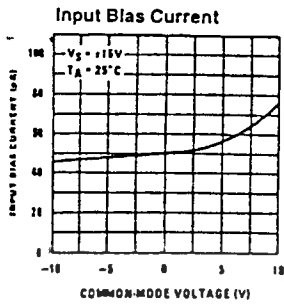
Note 4: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_J. Due to the limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation. P_D, T_J = T_A + θ_{JA} P_D where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 5: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice for V_S = ±5V to ±15V.

Note 6: Max. Power Dissipation is defined by the package characteristics. Operating the part near the Max. Power Dissipation may cause the part to operate outside guaranteed limits.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

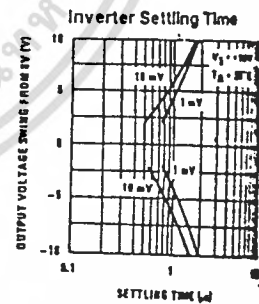
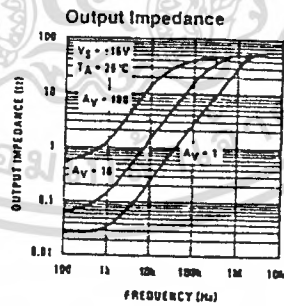
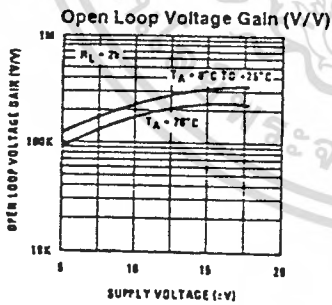
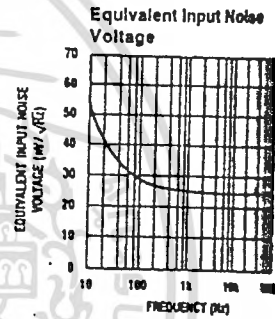
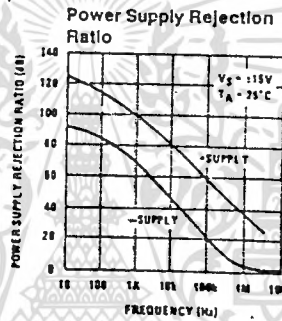
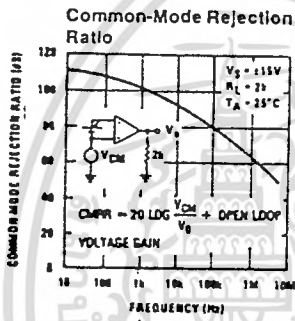
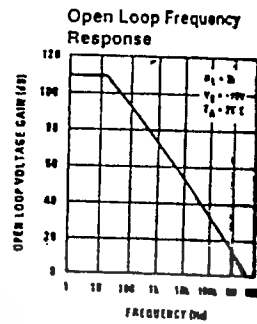
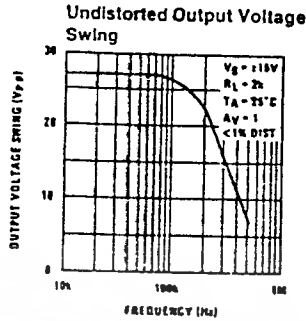
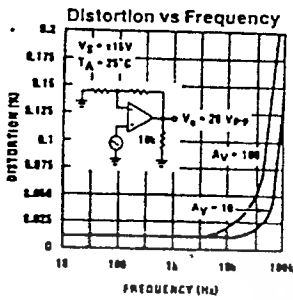
Typical Performance Characteristics



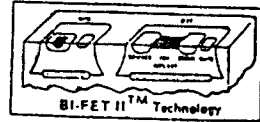
TL/H/0358-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TL082CP Wide Bandwidth Dual JFET Input Operational Amplifier

General Description

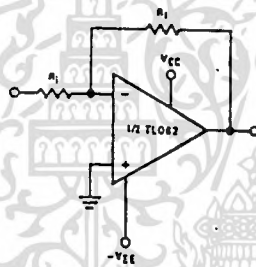
These devices are low cost, high speed, dual JFET input operational amplifiers with an internally trimmed input offset voltage (BI-FET II™ technology). They require low supply current yet maintain a large gain bandwidth product and fast slew rate. In addition, well matched high voltage JFET input devices provide very low input bias and offset currents. The TL082 is pin compatible with the standard LM1558 allowing designers to immediately upgrade the overall performance of existing LM1558 and most LM358 designs.

These amplifiers may be used in applications such as high speed integrators, fast D/A converters, sample and hold circuits and many other circuits requiring low input offset voltage, low input bias current, high input impedance, high slew rate and wide bandwidth. The devices also exhibit low noise and offset voltage drift.

Features

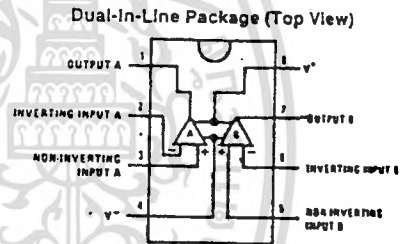
■ Internally trimmed offset voltage	15 mV
■ Low input bias current	50 pA
■ Low input noise voltage	16nV/√Hz
■ Low input noise current	0.01 pA/√Hz
■ Wide gain bandwidth	4 MHz
■ High slew rate	13 V/μs
■ Low supply current	3.6 mA
■ High input impedance	10 ¹² Ω
■ Low total harmonic distortion $A_V = 10$, $R_L = 10k$, $V_O = 20 V_p - p$, $BW = 20 \text{ Hz} - 20 \text{ kHz}$	< 0.02%
■ Low 1/f noise corner	50 Hz
■ Fast settling time to 0.01%	2 μs

Typical Connection



TL/H/8357-1

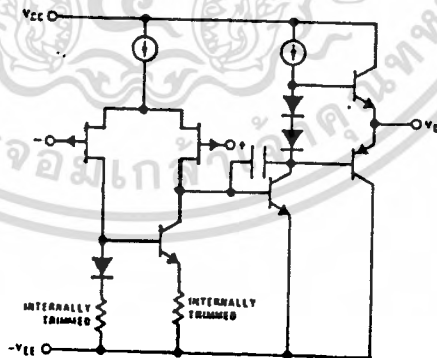
Connection Diagram



TL/H/8357-3

Order Number TL082CP
See NS Package Number N08E

Simplified Schematic



TL/H/8357-2

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	± 18V
Power Dissipation	(Note 1)
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
T _{J(MAX)}	150°C

Differential Input Voltage	± 30V
Input Voltage Range (Note 2)	± 15V
Output Short Circuit Duration	Continuous
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
ESD rating to be determined.	

DC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	TL082C			Units
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S = 10 kΩ, T _A = 25°C Over Temperature		5	15 20	mV mV
ΔV _{OS} /ΔT	Average TC of Input Offset Voltage	R _S = 10 kΩ		10		μV/°C
I _{OS}	Input Offset Current	T _J = 25°C, (Notes 4, 5) T _J ≤ 70°C		25	200 4	pA nA
I _B	Input Bias Current	T _J = 25°C, (Notes 4, 5) T _J ≤ 70°C		50	400 8	pA nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J = 25°C		10 ¹²		Ω
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S = ± 15V, T _A = 25°C V _O = ± 10V, R _L = 2 kΩ Over Temperature	25	100		V/mV V/mV
V _O	Output Voltage Swing	V _S = ± 15V, R _L = 10 kΩ	± 12	± 13.5		V
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	V _S = ± 15V	± 11	+ 15 - 12		V V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S ≤ 10 kΩ	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 6)	70	100		dB
I _S	Supply Current			3.6	5.6	mA

AC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	TL082C			Units
			Min	Typ	Max	
	Amplifier to Amplifier Coupling	T _A = 25°C, f = 1Hz- 20 kHz (Input Referred)		-120		dB
SR	Slew Rate	V _S = ± 15V, T _A = 25°C	8	13		V/μs
GBW	Gain Bandwidth Product	V _S = ± 15V, T _A = 25°C		4		MHz
e _n	Equivalent Input Noise Voltage	T _A = 25°C, R _S = 100Ω, f = 1000 Hz		25		nV/√Hz
i _n	Equivalent Input Noise Current	T _J = 25°C, f = 1000 Hz		0.01		pA/√Hz

Note 1: For operating at elevated temperature, the device must be derated based on a thermal resistance of 115°C/W junction to ambient for the N package.

Note 2: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 3: The power dissipation limit, however, cannot be exceeded.

Note 4: These specifications apply for V_S = ± 15V and 0°C ≤ T_A ≤ +70°C. V_{OS}, I_B and I_{OS} are measured at V_{CM} = 0.

Note 5: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_J. Due to the limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D. T_J = T_A + θ_{JA} P_D where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 6: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice. V_S = ± 8V to ± 15V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	± 15V
Power Dissipation	(Note 1)
Operating Temperature Range	0°C to +70°C
T _{JMAX}	150°C

Differential Input Voltage	± 30V
Input Voltage Range (Note 2)	± 15V
Output Short Circuit Duration	Continuous
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temp. (Soldering, 10 seconds)	260°C
ESD rating to be determined.	

DC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	TL082C			Units
			Min	Typ	Max	
V _{OS}	Input Offset Voltage	R _S = 10 kΩ, T _A = 25°C Over Temperature		5	15 20	mV mV
ΔV _{OS} /ΔT	Average TC of Input Offset Voltage	R _S = 10 kΩ		10		μV/°C
I _{OS}	Input Offset Current	T _J = 25°C, (Notes 4, 5) T _J ≤ 70°C		25	200 4	pA nA
I _B	Input Bias Current	T _J = 25°C, (Notes 4, 5) T _J ≤ 70°C		50	400 8	pA nA
R _{IN}	Input Resistance	T _J = 25°C		10 ¹²		Ω
A _{VOL}	Large Signal Voltage Gain	V _S = ± 15V, T _A = 25°C V _O = ± 10V, R _L = 2 kΩ Over Temperature	25 15	100		V/mV V/mV
V _O	Output Voltage Swing	V _S = ± 15V, R _L = 10 kΩ	± 12	± 13.5		V
V _{CM}	Input Common-Mode Voltage Range	V _S = ± 15V	± 11	+ 15 - 12		V V
CMRR	Common-Mode Rejection Ratio	R _S ≤ 10 kΩ	70	100		dB
PSRR	Supply Voltage Rejection Ratio	(Note 6)	70	100		dB
I _S	Supply Current			3.6	5.6	mA

AC Electrical Characteristics (Note 4)

Symbol	Parameter	Conditions	TL082C			Units
			Min	Typ	Max	
	Amplifier to Amplifier Coupling	T _A = 25°C, f = 1Hz- 20 kHz (Input Referred)		- 120		dB
SR	Slew Rate	V _S = ± 15V, T _A = 25°C	8	13		V/μs
GBW	Gain Bandwidth Product	V _S = ± 15V, T _A = 25°C		4		MHz
e _n	Equivalent Input Noise Voltage	T _A = 25°C, R _S = 100Ω, f = 1000 Hz		25		nV/√Hz
i _n	Equivalent input Noise Current	T _J = 25°C, f = 1000 Hz		0.01		pA/√Hz

Note 1: For operating at elevated temperature, the device must be derated based on a thermal resistance of 115°C/W junction to ambient for the N package.

Note 2: Unless otherwise specified the absolute maximum negative input voltage is equal to the negative power supply voltage.

Note 3: The power dissipation limit, however, cannot be exceeded.

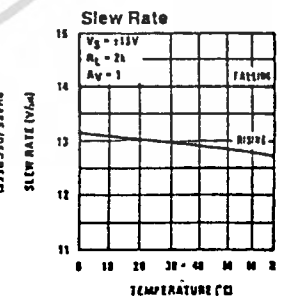
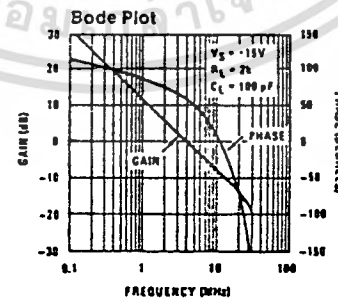
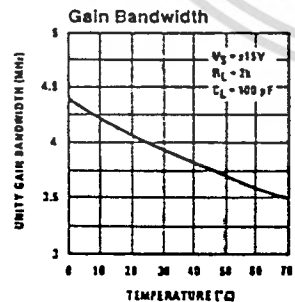
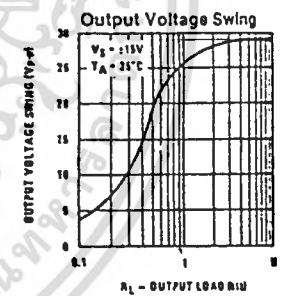
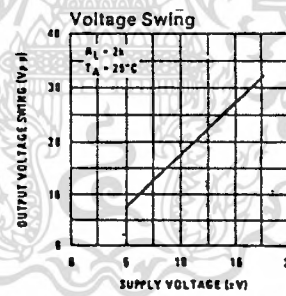
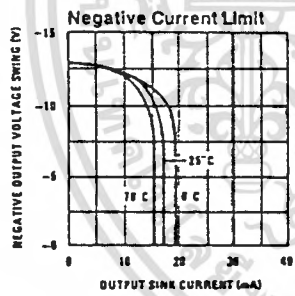
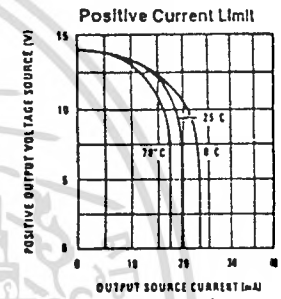
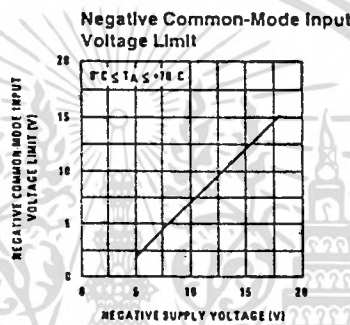
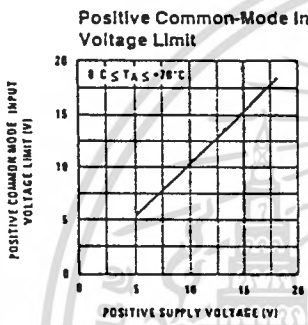
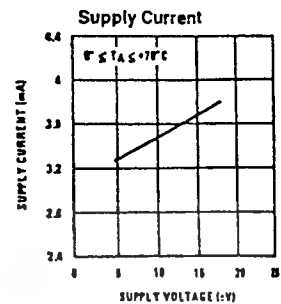
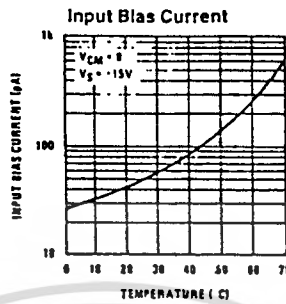
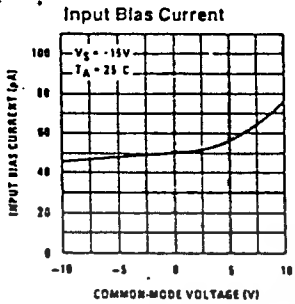
Note 4: These specifications apply for V_S = ± 15V and 0°C ≤ T_A ≤ +70°C. V_{OS}, I_B and I_{OS} are measured at V_{CM} = 0.

Note 5: The input bias currents are junction leakage currents which approximately double for every 10°C increase in the junction temperature, T_J. Due to the limited production test time, the input bias currents measured are correlated to junction temperature. In normal operation the junction temperature rises above the ambient temperature as a result of internal power dissipation, P_D. T_J = T_A + θ_{JA} P_D where θ_{JA} is the thermal resistance from junction to ambient. Use of a heat sink is recommended if input bias current is to be kept to a minimum.

Note 6: Supply voltage rejection ratio is measured for both supply magnitudes increasing or decreasing simultaneously in accordance with common practice. V_S = ± 6V to ± 15V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

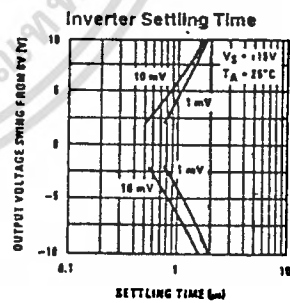
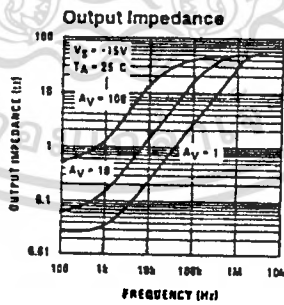
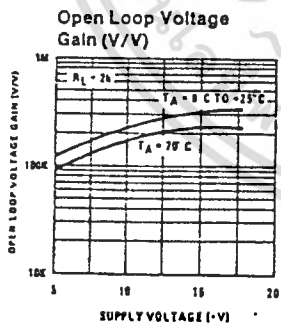
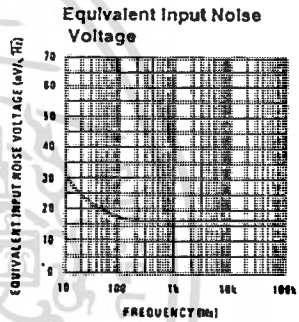
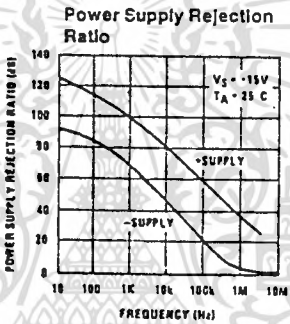
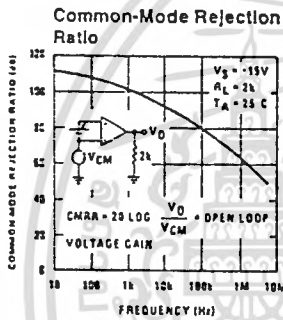
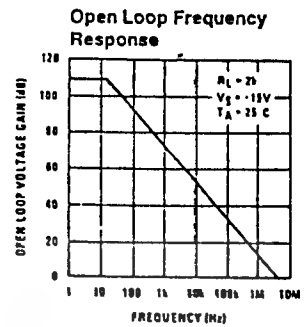
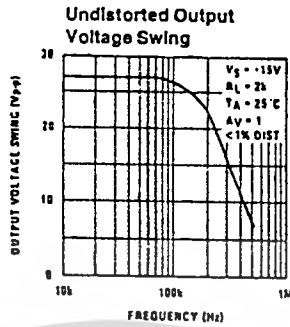
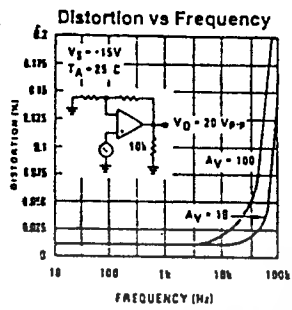
Typical Performance Characteristics



TU/MS-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)



TL/H/8357-5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS – MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (VCC)	-0.3V to +6V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C) ..	696mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) ...	762mW
VIN	-0.3V to (VCC - 0.3V)	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C) ...	762mW
PIN	±30V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C) ...	7
TOUT (Note 1)	±15V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	800mW
Output Voltages		18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	842mW
TOUT	±15V	Operating Temperature Ranges:	
ROUT	-0.3V to (VCC + 0.3V)	MAX2 __ AC __, MAX2 __ C	0°C to +70°C
Driver/Receiver Output Short-Circuited to GND ...	Continuous	MAX2 __ AE __, MAX2 __ E	-40°C to +85°C
Continuous Power Dissipation (TA = +70°C)		MAX2 __ AM __, MAX2 __ M	-55°C to +125°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C) ..	842mW	Storage Temperature Range	-65°C to +160°C
18-Pin Plastic DIP (derate 11.11mW/°C above +70°C) ..	889mW	Lead Temperature (soldering, 10 sec)	+300°C
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C) ..	440mW		

Note 1: Input voltage measured with TOUT in high-impedance state, SHDN or VCC = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX220/222/232A/233A/242/243

VCC = +5V ±10%, C1-C4 = 0.1µF, TA = TMIN to TMAX, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	At transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	SHDN = VCC			5	40	µA
	SHDN = 0V		±0.01	±1		
Output Leakage Current	VCC = 5.5V, SHDN = 0V, VOUT = ±15V		±0.01	±10		µA
	VCC = SHDN = 0V, VOUT = ±15V		±0.01	±10		
Data Rate	Except: MAX220, normal operation			200	116	kbits/sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	VCC = V+ = V- = 0V, VOUT = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	VOUT = 0V		±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	VCC = 5V	Except: MAX243 R2IN	0.8	1.3		V
		MAX243 R2IN (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	VCC = 5V	Except: MAX243 R2IN		1.8	2.4	V
		MAX243 R2IN (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	Except: MAX243, VCC = 5V, no hyst. in shdn. MAX243		0.2	0.5	1	V
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTLCMOS Output Voltage Low	IOUT = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTLCMOS Output Voltage High	IOUT = -1.0mA		3.5	VCC - 0.2		V
TTLCMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing VOUT = GND		-2	-10		mA
	Sinking VOUT = VCC		10	30		
TTLCMOS Output Leakage Current	SHDN = VCC or EN = VCC, 0V ≤ VOUT ≤ VCC		±0.05	±10		µA

MAX11/VI

2-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS – MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)
 (V_{CC} = +5V ±10%, C₁-C₄ = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
EN Input Threshold Low				1.4	0.8	V
EN Input Threshold High			2.0	1.4		V
POWER SUPPLY						
Operating Supply Voltage			4.5		5.5	V
V _{CC} Supply Current (SHDN = V _{CC}), Figures 5, 6, 9, 18	No load	MAX220		0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243		4	10	
	3kΩ load both outputs	MAX220		12		
		MAX222/232A/233A/242/243		15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T _A = +25°C		0.1	10	µA
		T _A = 0°C to +70°C		2	50	
		T _A = -40°C to +85°C		2	50	
		T _A = -55°C to -125°C		35	100	
SHDN Input Leakage Current					±1	µA
SHDN Threshold Low				1.4	0.8	V
SHDN Threshold High			2.0	1.4		V
AC CHARACTERISTICS						
Transition Slew Rate	C _L = 50pF to 2500pF, R _L = 3kΩ to 7kΩ, V _{CC} = 5V, T _A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	6	12	30	V/µs
		MAX220	1.5	3	30	
Transmitter Propagation Delay TTL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	I _{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.3	3.5	µs
		MAX220		4	10	
	I _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		1.5	3.5	
		MAX220		5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TTL (Normal Operation), Figure 2	I _{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.5	1	µs
		MAX220		0.6	3	
	I _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		0.6	1	
		MAX220		0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TTL (Shutdown), Figure 2	I _{PHLS}	MAX242		0.5	10	µs
	I _{PLHS}	MAX242		2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	I _{ER}	MAX222/242		125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	I _{DR}	MAX222/242		160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN goes high), Figure 4	I _{ET}	MAX222/242, 0.1µF caps (Includes charge-pump start-up)		250		µs
Transmitter-Output Disable Time (SHDN goes low), Figure 4	I _{DT}	MAX222/242, 0.1µF caps		600		ns
Transmitter +10 - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	I _{PHLT} -I _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243		300		ns
		MAX220		2000		
Receiver +10 - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	I _{PHLR} -I _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243		100		ns
		MAX220		225		

Note 2: MAX243 R_{2OUT} is guaranteed to be low when the R_{2IN} is ≥ 0V or is floating.

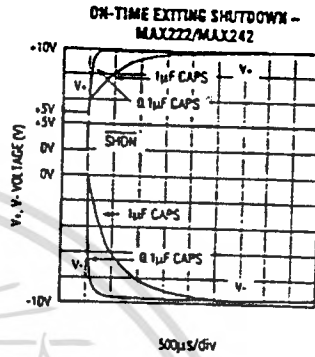
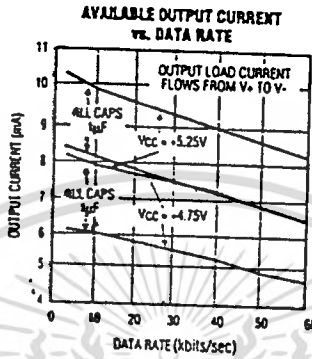
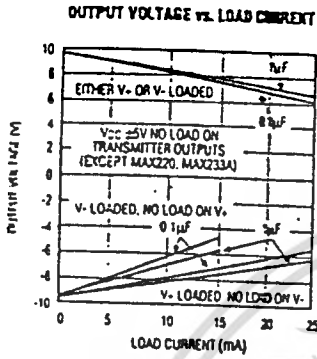
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Typical Operating Characteristics

MAX220/222/232A/233A/242/243

MAX220-MAX249



2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

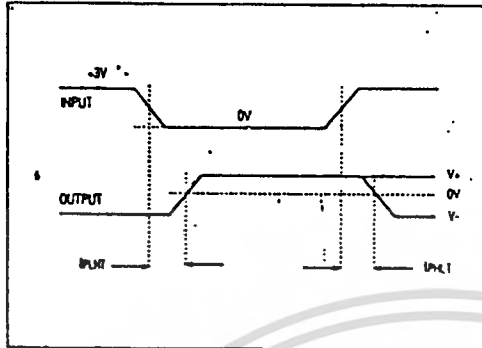


Figure 1. Transmitter Propagation Delay Timing

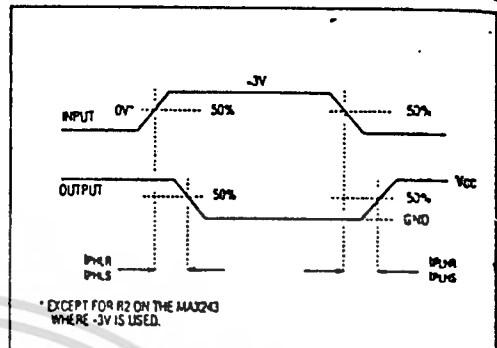


Figure 2. Receiver Propagation Delay Timing

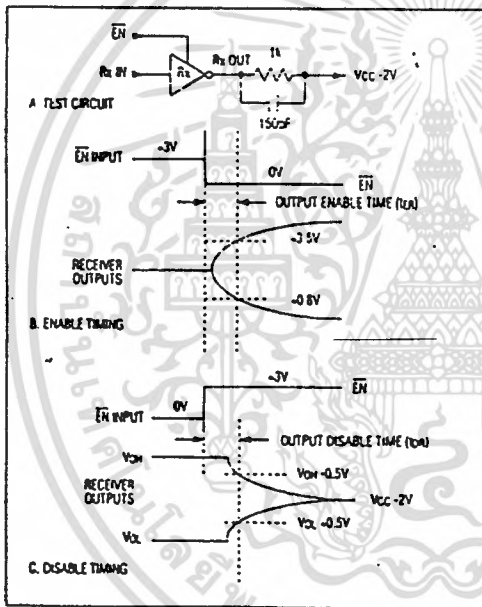


Figure 3. Receiver-Output Enable and Disable Timing

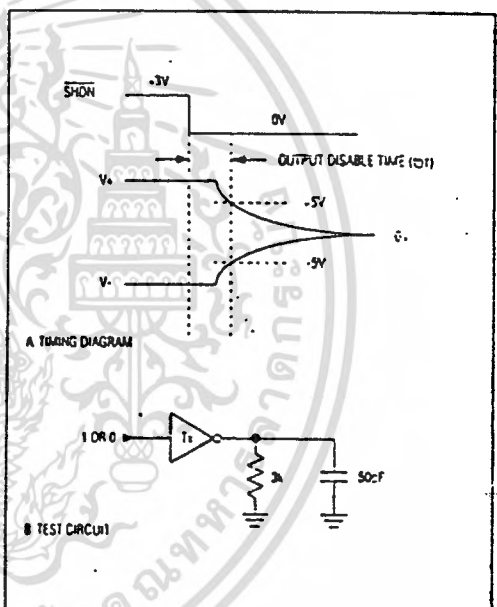


Figure 4. Transmitter-Output Disable Timing

+5V-Powered Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

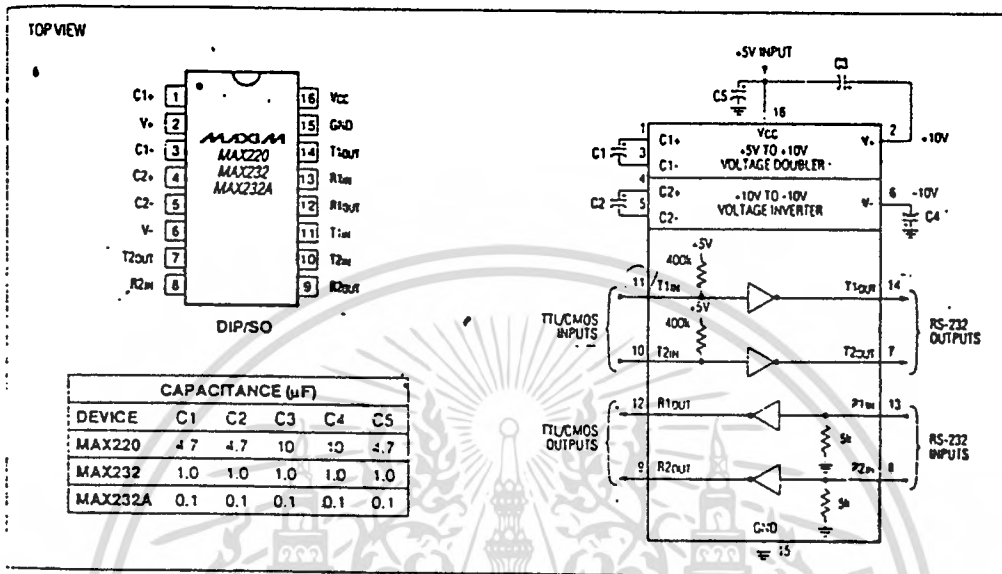


Figure 5. MAX220/232/232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

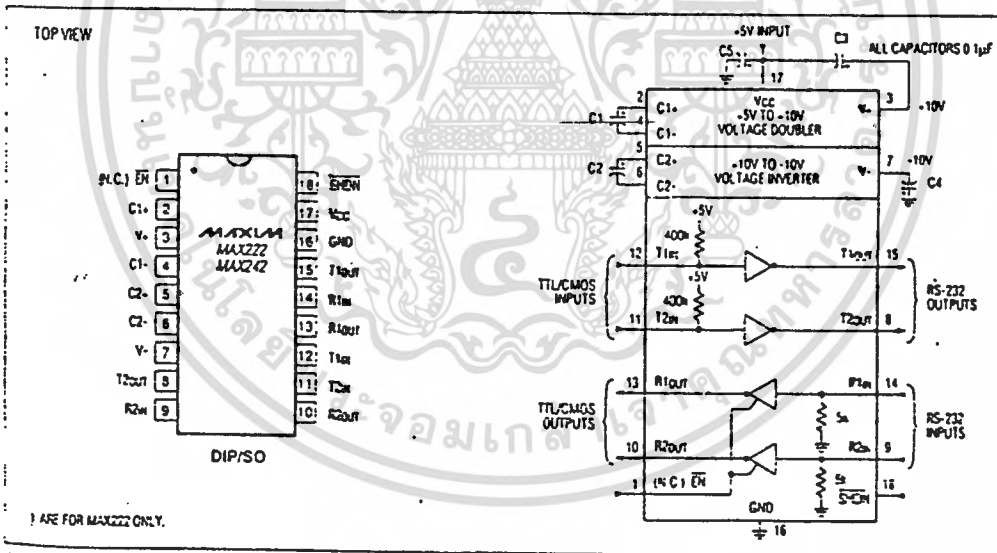


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้