

เครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ

Electrode for ablating tissue using radio frequency



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 61499
วัน,เดือน,ปี...1.8...ค.ค...2549

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ

Electrode for ablating tissue using radio frequency

โดย

นายลัทธุนิข ปิ่นพรหม 45015231

นายวรวิทย์ นนตรี 45015248



อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.สุพันธ์ ตั้งจิตกุศลมั่น

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

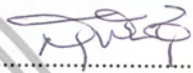
เรื่อง เครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ

จัดทำโดย

นายณัฐนิช ปิ่นพรหม

นายวรวุฒิ นนตรี




 (ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมัน)
 อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2547

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ

จัดทำโดย

นายณัฐนิช ปิ่นพรหม

นายวรวุฒิ นนตรี



(ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมั่น)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ

ณัฐนิช ปิ่นพรหม

วรวิภา นนตรี

ผศ.ดร.สุพันธุ์ ตั้งจิตกุศลมัน

ปีการศึกษา 2547

บทคัดย่อ

ในโลกปัจจุบันเทคโนโลยีทางการแพทย์เจริญก้าวหน้าไปมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งเทคโนโลยีทางเครื่องมือแพทย์ เทคโนโลยีที่เกิดขึ้นมานั้นเป็นการพัฒนามาจากวิศวกรรมชีวการแพทย์ (Biomedical Engineering) ซึ่งในประเทศไทยนั้นยังขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ทันสมัยอยู่เป็นจำนวนมาก หนึ่งในโรคที่ซึ่งเป็นปัญหาต่อประเทศไทย และเป็นอันดับต้น ๆ ของประเทศก็คือโรคมะเร็ง ซึ่งโรคมะเร็งทำให้รัฐสูญเสียเงินเป็นจำนวนมหาศาลจากการรักษา การวิจัยพัฒนาการรักษา และการสั่งซื้อเครื่องมือแพทย์ที่ทันสมัยจากต่างประเทศเข้ามา หากโครงการนี้ประสบความสำเร็จ จะช่วยทำให้โรงพยาบาล ที่ขาดแคลนเครื่องมือแพทย์ที่ทันสมัยแต่ราคาแพงนั้น สามารถมีเครื่องมือแพทย์ที่ทันสมัยแต่ราคาถูกไว้ใช้ทดแทนเครื่องมือแพทย์ราคาแพงได้

เครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยแพทย์ในการผ่าตัดรักษาโรคมะเร็งได้ ยกตัวอย่างเช่นมะเร็งในตับ โดยการจี้แ่งอิเล็กโทรดความถี่สูงไปที่เนื้อเยื่อที่เป็นเซลล์มะเร็ง โดยเซลล์มะเร็งจะถูกทำลายได้ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส การใช้เครื่องมือแพทย์ชนิดนี้จำเป็นและมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับผู้ป่วยที่เป็นโรคมะเร็งหรือโรคที่ไม่สามารถรับการผ่าตัดใหญ่ได้ เพราะว่าการรักษาโรคมะเร็งโดยใช้แ่งอิเล็กโทรดนั้น แพทย์ผู้รักษานั้นไม่จำเป็นที่จะต้องผ่าตัดใหญ่ ซึ่งจะทำให้ผู้ป่วยไม่เสียเลือดมาก อีกทั้งแผลผ่าตัดก็จะเป็นแผลเล็ก ๆ ซึ่งทำให้การรักษาตัวและการพักฟื้นหลังการผ่าตัดของผู้ป่วยนั้นใช้เวลาไม่นานนัก

การทำงานของ เครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ อาศัยหลักการผลิตความถี่วิทยุ จากภาคกำเนิดสัญญาณความถี่ และ ปรับ Duty Cycle เพื่อควบคุมอุณหภูมิ จากตัวประมวลผลควบคุมอุณหภูมิ ซึ่งก็คือ Mcs-51 โดยจาก ภาคกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ จะมีแ่งอิเล็กโทรดเพื่อจี้เนื้อเยื่อที่เป็นเซลล์มะเร็ง และมีเซ็นเซอร์ตรวจจับอุณหภูมิเพื่อส่งสัญญาณ ไปให้กับภาคแปลงสัญญาณจาก Analog เป็น สัญญาณดิจิทัล และส่งไปให้ตัวประมวลผลควบคุมอุณหภูมิ ควบคุมอุณหภูมิโดยการปรับเปลี่ยนค่า เปอร์เซ็นต์ Duty Cycle เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิตามที่ตั้งเอาไว้ในภาคตั้งค่าอุณหภูมิและแสดงค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ กับ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ในภาคแสดงผลต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrode for ablating tissue using radio frequency

Mr.Natthanit Pinprom

Mr.Worrawut Nontri

Asst.Prof.Dr.Supan Tungjitkusolmun

Academic Year 2004

Abstract

The application of Electrode for ablating tissue using radio frequency to help doctor perform minimally invasive surgery such as cancer. The system contains many components such as temperature sensor , analog-to-digital converter , temperature control unit , display , power driver and the electrode . We can set the desired target tissue temperature . Then the system will detect temperature using the temperature sensor and send the data to the analog-to-digital converter , before passing it to the microprocessor for temperature control . The microprocessor varies the percent of duty cycle and returns the data to drive power by the power driver for tissue ablation.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	3
ABSTRACT	4
บทที่ 1 บทนำ	9
1.1 เครื่องทำลายเนื้อเยื่อด้วยความถี่วิทยุ	9
1.2 วัตถุประสงค์	9
1.3 ข้อมูลในการออกแบบ	9
1.4 เนื้อหาโครงการงาน	10
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรคมะเร็ง	11
2.1 โรคมะเร็ง	11
2.2 มะเร็งที่ตับ	11
2.3 การตรวจเพื่อการวินิจฉัย	11
2.4 สารพิษที่เพิ่มอัตราการเสี่ยงการเกิด โรคมะเร็ง	12
2.5 บทบาทของแอลกอฮอล์และบุหรี่ในการเกิดมะเร็งบริเวณศีรษะและคอ	13
2.6. สารต่อต้านการก่อเกิด โรคมะเร็ง	15
บทที่ 3 การออกแบบเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์	18
3.1 ความสำคัญของการวัดและการควบคุม	18
3.2 นิยามอุปกรณ์รอบข้างและคุณลักษณะที่สำคัญของทรานสดิวเซอร์	18
3.3 คุณลักษณะของทรานสดิวเซอร์ที่ต้องการ	18
3.4 การตรวจวัดความร้อน (Thermal Sensors)	19
3.5 การวัดอุณหภูมิ (Measurement of Temperature)	20
3.6 โดยทั่วไปวิธีการแสดงผลของอุณหภูมิ	21
3.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะกับอุณหภูมิ	21
3.8 ชนิดของอาร์ทีดี (Type of RTD)	23
3.9 คุณลักษณะของอาร์ทีดี (Characteristic of RTD)	23
3.10 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)	24
3.11 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)	34
3.12 ไอซีเซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Integrated – Circuit Temperature Sensors)	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

3.13	เครื่องตัดลวดด้วยมีดไฟฟ้า	41
3.14	การตัดลวด โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อ	50
บทที่ 4	โครงสร้างและการออกแบบของเครื่องกำจัดเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ	61
4.1	การออกแบบภาคตรวจจับอุณหภูมิ	61
4.2	การออกแบบภาคแปลงสัญญาณอานาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล	62
4.3	ภาคประมวลผลกลาง หรือภาคควบคุมอุณหภูมิ	63
4.4	ภาคแสดงผล	63
4.5	การออกแบบวงจรภาครับการกดคีย์ข้อมูล	64
4.6	ภาคแหล่งจ่ายไฟ	64
4.7	แท่งอิเล็กโทรด	64
4.8	การออกแบบวงจรภาคขับเอาที่พูด	64
4.9	การออกแบบวงจรกำเนิดความถี่	65
5.0	การออกแบบภาคหม้อแปลง	67
บทที่ 5	การทดลอง	68
5.1	การทดลองวัดค่าอุณหภูมิและเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภาคตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์	68
5.2	การทดลองวัดสัญญาณ ณ จุดเอาที่พูดของภาคกำเนิดความถี่ต่ำ	74
5.3	การทดลองวัดสัญญาณ ณ จุดต่างๆของภาคความถี่สูง	77
5.4	การทดลองภาคขับเอาที่พูด	79
5.5	ผลการทดลองการทำงานของเครื่องทำลายเนื้อเยื่อ	82
บทที่ 6	สรุปผล	85
	ภาคผนวก	
	กิตติกรรมประกาศ	
	บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 3.1 เส้น L แสดงการประมาณค่าความต้านทานกับอุณหภูมิระหว่าง T_1 และ T_2	22
รูปที่ 3.2 แสดงผลของซีเบ็ค	24
รูปที่ 3.3 แสดงผลของเพลเทียร์	26
รูปที่ 3.4 แสดงการเปลี่ยนจุดอ้างอิงจาก 0 ถึง 200C	27
รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล	28
รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบ โพรบเทอร์มิสเตอร์แบบต่างๆ	36
รูปที่ 3.7 รูปแสดงหลักการพื้นฐานของเครื่องสัณยกรรมด้วยมิดไฟฟ้า	37
รูปที่ 3.8 แสดง เครื่องกำเนิดความถี่วิทยุที่ช่องว่าง	43
รูปที่ 3.9 แสดงรูปคลื่นของเครื่องสัณยกรรมด้วยมิดไฟฟ้า	44
รูปที่ 3.10 เครื่องจีไฟฟ้า	45
รูปที่ 3.11 วงจรขยายกำลัง	46
รูปที่ 3.12 ตัวกำเนิดสัญญาณ	47
รูปที่ 3.13 ตัวทดสอบเอาท์พุท	49
รูปที่ 3.14 การใช้งานเครื่องจีไฟฟ้า	46
รูปที่ 3.15 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องจีไฟฟ้า	52
รูปที่ 3.16 แสดงผลของความถี่กับระยะเวลาในการจี	54
รูปที่ 3.17 เครื่องตัดจีไฟฟ้า	54
รูปที่ 3.18 (a) ห้ามเลือดแบบเบา (b) ห้ามเลือดแบบบังคับ (c) ห้ามเลือดแบบสเปรย์	56
รูปที่ 3.19 อิเล็กโทรดสำหรับตัดที่มีหลายแบบ	57
รูปที่ 3.20 อิเล็กโทรดสำหรับจีที่มีหลายแบบ	58
รูปที่ 3.21 หลักการทำงานของเครื่องผ่าตัดด้วยไฟฟ้า	59
รูปที่ 4.1 แสดง Block Diagram ของเครื่องทำลายเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ	61
รูปที่ 4.2 ไดอะแกรมภาคตรวจจับอุณหภูมิ	62
รูปที่ 4.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	62
รูปที่ 4.4 วงจรภาครับข้อมูล	64
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรการต่อของภาคขับเอาท์พุท	64
รูปที่ 4.6 แสดง โลจิกไดอะแกรมของไอซี IR2110	65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.1 แสดงไดอะแกรมในการทดลอง	60
รูปที่ 5.2 แสดงไดอะแกรมในการทดลอง	67

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเทอร์มิสเตอร์ชนิด เอ็นทีซี ที่ใช้กันบ่อยๆ	31
ตารางที่ 3.2 แสดงย่านวัดอุณหภูมิของ LM135/LM235/LM335	33
ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิและเปรียบเทียบอุณหภูมิ ระหว่างภาคตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์	64



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ปัจจุบันจากการสำรวจและวิจัยพบว่า มีผู้ป่วยโรคมะเร็งเป็นจำนวนมาก ทั้งที่รักษาและไม่ได้ รับการรักษา ทั้งนี้ ทำให้รัฐบาลสูญเสียเงินเป็นจำนวนมหาศาล ในการรักษาผู้ป่วยที่ป่วยเป็น โรคมะเร็ง นี้ ซึ่งค่าใช้จ่ายในการรักษาโรคนั้นสูง เพราะต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูง หรืออุปกรณ์การแพทย์ที่ทันสมัย มาจากต่างประเทศ ซึ่งการนำเข้าเครื่องมือแพทย์ดังกล่าวนี้ย่อมต้องใช้เงินลงทุนจำนวนมหาศาล ดังนั้น ทางหนึ่งที่จะช่วยให้ประเทศประหยัดค่าใช้จ่ายนั้นก็คือการศึกษาศึกษาและวิจัยเครื่องมือแพทย์เหล่านี้เอง โดย จะช่วยให้ประเทศประหยัดงบประมาณในการนำเข้าเครื่องมือแพทย์ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริม การศึกษา ทางด้านเทคโนโลยีทางการแพทย์ของประเทศ ให้เจริญก้าวหน้าอย่างยั่งยืนและมั่นคง

เครื่องกำจัดเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุนี้ เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง ในการ รักษา ผู้ป่วยที่เป็น โรคมะเร็ง เพราะว่าผู้ป่วยไม่จำเป็นที่จะต้องมีการผ่าตัดใหญ่ เพียงแค่สอด แท่ง อิเล็กโทรดนี้เข้าไปเพื่อกำจัดเนื้อเยื่อ หรือบริเวณ ที่เป็นมะเร็ง หรือที่ต้องการกำจัดนั้นทิ้งไป ทำให้ผู้ป่วย ไม่มีจำเป็นที่จะต้องพักฟื้นร่างกายนาน ดังนั้นทำให้ช่วยประหยัดทั้งเวลา และช่วย ทำให้ผู้ป่วยนั้นหาย เร็วขึ้น

นับว่าเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์อย่างยิ่ง ในการรักษาผู้ป่วยที่เป็น โรคมะเร็ง หากมีการ ส่งเสริมนั้นจะช่วยทำให้รัฐบาลได้มีการประหยัดงบประมาณจากการนำเข้าเครื่องมือแพทย์ที่ทันสมัย ราคาแพงนั้นได้ อีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมทางด้านการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านเครื่องมือแพทย์ ได้ อย่างยั่งยืนและมั่นคง รวมถึงโรงพยาบาลที่ขาดแคลนเครื่องมือแพทย์ที่ทันสมัยราคาแพง ได้มีเครื่องมือ แพทย์ที่ทันสมัยแต่มีราคาถูกไว้ใช้ทดแทนได้

1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 สามารถทดแทนการนำเข้าเครื่องมือแพทย์ราคาแพงจากต่างประเทศได้
- 1.2.2 สามารถช่วยประหยัดเวลาในการรักษาผู้ป่วยลงได้
- 1.2.3 สามารถช่วยประหยัดเวลาในการพักฟื้นร่างกายของผู้ป่วยลงได้
- 1.2.4 สามารถทำให้การรักษาโรคมะเร็งมีประสิทธิภาพมากขึ้นได้
- 1.2.5 สามารถที่จะสร้างเครื่องกำจัดเนื้อเยื่อ โดยใช้ความถี่วิทยุที่ราคาถูกและใช้งาน ได้จริง

1.3 ข้อมูลในการออกแบบ

- 1.3.1 สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และควบคุมอุณหภูมิให้ลดลงและเพิ่มขึ้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนักผู้จัดทำนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3.2 สามารถแสดงผลของค่าอุณหภูมิได้

1.3.3 สามารถกำจัดเนื้อเยื่อได้ในระดับหนึ่ง

1.4 เนื้อหาโครงการงาน

ในการสร้างโครงการนี้มีเนื้อหาต่าง ๆ ที่สำคัญซึ่งแยกไว้เป็นบท ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวสรุปแนวคิดในการทำโครงการ

บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรคมะเร็ง

บทที่ 3 การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิ

บทที่ 4 โครงสร้างโดยรวมของเครื่องกำจัดเนื้อเยื่อโดยใช้ความถี่วิทยุ

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง



บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโรคมะเร็ง

2.1 โรคมะเร็ง คือ โรคชนิดหนึ่งซึ่งรักษาไม่หาย คำว่า “โรคมะเร็ง” นั้น ครอบคลุมถึงโรคต่าง ๆ มากกว่า 200 ชนิด ที่อาจเกิดกับร่างกายในตำแหน่งใดๆ หรือกลุ่มเซลล์ชนิดใดก็ได้ โดยมีการเจริญเติบโตอย่างผิดปกติของกลุ่ม เซลล์ ซึ่งร่างกายไม่อาจควบคุมได้ กลุ่มเซลล์นี้สามารถลุกลามทำลายเนื้อเยื่อปกติหรืออวัยวะต่าง ๆ ได้ การลุกลามนั้น เป็นไปได้ทั้งโดยการลุกลามเฉพาะที่ หรือแพร่กระจายอย่างรวดเร็วทางกระแสเลือด และทางน้ำเหลือง ซึ่ง ลักษณะนี้ ต่างจากเนื้องอกธรรมดาที่มีการเจริญเติบโตอย่างช้า ๆ ไม่ลุกลามทำลายเนื้อเยื่อปกติและไม่แพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นๆ เพียงแต่อาจมีผลจากการกดเบียดอวัยวะปกติได้

เมื่อเกิดเซลล์ที่ผิดปกติขึ้น ในร่างกาย เซลล์นี้จะมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น กลายเป็นก้อนมะเร็ง ซึ่งอาจ ตรวจพบได้แม้ในขณะที่ยังไม่มีอาการหรือก้อนขนาดเล็กกว่า 1 ซม. เช่น ที่ผิวหนัง ในช่องปาก เต้านม เป็นต้น แต่ ในบางตำแหน่งที่ไม่สามารถตรวจได้จากภายนอก เช่น ปากมดลูก และปอด ก็จำเป็นต้องอาศัยการสังเกตอาการหรือ ความผิดปกติ รวมทั้งการตรวจร่างกายประจำปี นำไปสู่การตรวจมะเร็งในระยะเริ่มแรกที่มีโอกาสรักษาให้หาย ขาดได้ หรือ ในบางครั้งอาจพบเพียงความผิดปกติของเซลล์ในระยะก่อนการเกิดเป็นมะเร็ง ซึ่งเมื่อได้รับการรักษา ก็จะป้องกันไม่ให้เกิดเป็นเซลล์มะเร็งได้

2.2 มะเร็งที่ตับ

สาเหตุโรคมะเร็งของตับนี้ อาจเกิดจากเซลล์ของตัวเอง หรือของท่อน้ำดีส่วนที่อยู่ในตับ ซึ่งมีสาเหตุที่แตกต่างกัน

2.2.1 มะเร็งของเซลล์ตับนั้นพบร่วมกับโรคตับแข็ง ได้บ่อย

2.2.2 สารอะฟลาท็อกซิน (Aflatoxin) ที่พบในเมล็ดถั่ว หรือเมล็ดข้าวที่มีราขึ้น มีผลเป็นสารก่อมะเร็งในตับ

2.2.3 ในปัจจุบัน ได้มีการพิสูจน์เป็นที่แน่ชัดแล้วว่า การอักเสบของตับจากเชื้อไวรัส ตับอักเสบนชนิดบี มีความสัมพันธ์กับโรคมะเร็งตับ

2.2.4 มะเร็งที่เกิดจากเซลล์ของท่อน้ำดีนั้น พบมากในผู้ที่มีพยาธิใบไม้ในตับ ได้แก่ ผู้ที่บริโภคสัตว์น้ำจืดคือปลา, กุ้ง, หอย โดยไม่ได้ทำให้สุกเช่นปลาร้าดิบ เป็นต้น

2.3 การตรวจเพื่อการวินิจฉัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วินิจฉัยโดยการตรวจด้วยอัลตราซาวด์ หรือการถ่ายภาพตัดโดยวิธีทาง เวชศาสตร์นิวเคลียร์ (การสะแกนตับ) นอกจากนี้การตรวจเลือดเพื่อหาระดับ CEA และ Alpha Fetoprotein จะช่วยในการวินิจฉัยโรคนี้ได้การรักษา สำหรับระยะเริ่มแรกที่ยังมีขนาดเล็ก อาจผ่าตัดเอาออกได้ แต่ส่วนใหญ่ มักตรวจพบในรายที่ โรคลุกลามมากแล้ว ไม่สามารถผ่าตัดเอาออกได้ มีการใช้ยาเคมีบำบัด ร่วมกับการตัดเลือดที่เลี้ยงบริเวณ ก้อนมะเร็งซึ่งอาจทำได้โดยการผ่าตัดผูกหลอดเลือดหรือการฉีดสารเข้าไปอุดกั้นหลอดเลือดอย่างไรก็ตามผลการรักษายังไม่ดีนักดังนั้นการป้องกันจึงมีความสำคัญมากกว่าการรักษา อาการแสดงในระยะแรก อาจมีเพียงอาหารไม่ย่อย ท้องอืด มีอาการแน่นบริเวณชายโครงขวา อาจมีอาการ ปวดร่วมด้วย น้ำหนักจะลดลงอย่างรวดเร็ว ร่างกายอ่อนเพลีย อาจดำก้อ้นได้ชายโครงด้านขวา หรือบริเวณลิ้นปี่ ท้องโตขึ้นจากการมีน้ำในช่องท้องและอาจมีอาการตัวเหลืองตาเหลืองร่วมด้วย ข้อควรปฏิบัติ

- 2.3.1. หลีกเลี่ยงการดื่มสุรา การบริโภคอาหารประเภทถั่ว ข้าว หรือข้าวโพด ที่ขึ้นมีราขึ้น โดยเฉพาะถั่วลิสงป่นและการกินอาหารประเภทปลาน้ำจืดกุ้งและหอยน้ำจืดที่ไม่ได้ทำให้สุกเสียก่อน
- 2.3.2. ควรพบแพทย์ เมื่อมีอาการแน่น อืดท้อง เจ็บเสียด หรือ คล้ำได้ก่อนบริเวณชายโครงขวา และลิ้นปี่
- 2.3.3. ในผู้ที่มีประวัติตับแข็ง หรือตับอักเสบจากเชื้อไวรัสตับอักเสบนชนิดบี จะต้องคอยเฝ้าระวังโรค และพบ แพทย์เมื่อมีอาการผิดปกติ

2.4 สารพิษที่เพิ่มอัตราการเสี่ยงการเกิดโรคมะเร็ง

2.4.1. สารพิษจากเชื้อรา มีหลายชนิด ได้แก่ อะฟลาทอกซิน (aflatoxin) สเตอริกมาโตซิสติน (sterigmatocystin) ไอคราโทอกซิน เอ (achratoxin A) รูกูโตอกซิน (rugulotoxin) และ ลูติโอสกายริน (luteoskyrin) ทำให้เกิดโรคมะเร็งตับ ข้าวสุก ข้าวโพด ถั่วลิสง อาหารที่ถนอมโดยการตากแห้งที่มีได้ผ่าน ขบวนการอย่างถูกต้องมักจะมีเชื้อรา aspergillus, penicillium และสารพิษของมันปนเปื้อน คนไทยชาย เป็นมะเร็งตับมากที่สุดฉะนั้นประชาชนควร ได้รู้วิธีการป้องกันหรือหลีกเลี่ยงสารพิษดังกล่าว

2.4.2. สารเอ็นไนโตรโป (N-nitroso compounds) ได้แก่ ไนโตรซามีน (nitrosamines) และไนโตรซามิด (nitrosamides) เป็นสารที่เกิดจากของหมักดอง ระหว่างเกลือไนโตรท์ กับสารพวกเอมีนที่มาจากอาหาร หรือยาหรือสารปราบศัตรูพืช สารพวกนี้ทำให้หนูพวกขาวเกิดมะเร็งที่ตับ, หลอดอาหาร, ระบบทางเดินหายใจ, ไต, ทางเดินอาหารและกระเพาะปัสสาวะ

2.4.3. สารก่อมะเร็งจากพืช ได้แก่ ไชเคซิน (cycasin) จากผลมะพร้าวเต่าหรือปรง อะเรไคดีน

(arechidine) และอะเรโคลีน (arecoline) จากผลหมาก พทาควิลโลไซด์ (ptaquilosside) จากผลผักกูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมุนไพรที่ใช้เป็นประจำควรได้รับการตรวจสอบว่ามีสารก่อมะเร็งร่วมด้วยหรือไม่

2.4.4 สารเจือปนในอาหาร และน้ำดื่ม ได้แก่ สีผสมอาหาร ที่ไม่ถูกต้องตามมาตรฐาน ของกระทรวง สาธารณสุข เช่น orange II, Rhodamine B, Croceine scarlet 3B, Auramine, Melachite green, 4-Aminoazobenzene, Butter yellow ซึ่งเป็นสีที่ต้องห้ามทั้งหมด สีอินทรีย์ที่ใช้ย้อมผ้า กระจกและวัสดุต่างๆ ประกอบด้วยเกลือ สารตะกั่ว แคดเมียมและปรอท สารซุรต่างๆ เช่น ซันทสกรหรือซัคคาริน (saccharin) ไซคลาเมท (cyclamate) สารเคมีที่ได้มาจากพืชได้แก่สารโลหะหนักสารไวนิลคลอไรด์ โมโนเบอร์

2.4.5 สารที่เกิดจากการปรุงอาหาร ได้แก่ สารจำพวกโพลีไซคลิกอะโรมาติก ไฮโดรคาร์บอน (PAH หรือ Polycyclic aromatic hydrocarbons) ในอาหารพวกเนื้อ/ไขมันเผา ปิ้ง ย่าง ด้วยฟืนหรือถ่านไฟ และ ปลาหรือเนื้อรมควัน มักจะมีสารก่อมะเร็ง PAH เช่น benzo (a) pyrene, dibenz (a,h) anthracene, benzo(a)anthracene และ dienzo(a,h)pyrene นอกจากนี้ยังมีสารจำพวกไพโรไลเซต (pyrolysates) ซึ่งมีหลายชนิดในอาหารพวกเนื้อที่ถูกปรุงหรือทำให้สุก โดยการเผา การปิ้ง การย่างที่มี อุณหภูมิสูง โดยตรงจนไหม้ดำเกรียม สารพวกนี้ ได้แก่ IQ, Me-IQ, Trp-P-I, Glu-P-I และ Glu-P-L

2.4.6 มลพิษจากสิ่งแวดล้อม ได้แก่ สารปราบศัตรูพืช ดีดีที คาร์บาเบท สารฆ่าหญ้า (2,4D, 2,4,5 T, paraquat) สารโลหะหนัก แร่ใยหินหรือแอสเบสตอส เบอริลเดียม สารกัมมันตรังสีเหล่านี้ ทำให้เกิด มะเร็งทั้งโดยทางตรงและทางอ้อมอาจผ่านวงจร "โซ่อาหาร" ย้อนกลับ ไปสู่ผู้ใช้หรือสัตว์เลี้ยง

2.4.7 อาหารดิบที่อาจมีพยาธิ เช่น ปลาดิบ ปลาร้า ปลาจ่อม ปูเค็ม ซึ่งอาจมีพยาธิใบไม้หรือไข่ของมีน พยาธิทำให้เกิดมะเร็งตับ และมะเร็งท่อน้ำดี ในชาวไทยภาคอีสานซึ่งรับประทานอาหารที่ทำจากสัตว์น้ำ และไม่ถูกทำให้สุกตัวพยาธิจะทนต่อการหมัก/ดองความร้อนเท่านั้นจะสามารถทำลายไข่และตัวพยาธิ

2.4.8 ยาสมุนไพรที่มีสารหนูหรืออาร์เซนิก สารหนูทำให้เกิดมะเร็งผิวหนัง โดยการรับประทาน อาหาร น้ำดื่มหรือยาแผนโบราณที่มีสารหนูที่เป็นส่วนประกอบ จึงพึงระวัง โรคไข้ดำ ที่เกิดในประชาชนอำเภอ ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช มีสาเหตุมาจากการปนเปื้อนของสารหนูในน้ำดื่ม ซึ่งมาจากแหล่งน้ำใน เหมืองแร่เก่า

2.4.9 กาแฟหรือเครื่องดื่มที่มีคาเฟอีน สารคาเฟอีนมีฤทธิ์ยับยั้งการช่วยซ่อมแซม โมเลกุล ดี เอ็น เอ (DNA repair) จึงทำให้เสริมฤทธิ์การทำลายทางพันธุกรรมของสารก่อกลายพันธุ์ และสารก่อมะเร็ง คาเฟอีนในขนาดสูงจะทำให้หนูเป็นมะเร็งตับอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.10 เหล้าหรือเอทิลแอลกอฮอล์ มีหลักฐานมากมายที่แน่ชัดว่า เหล้าเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดโรคมะเร็งหลายชนิด โดยเฉพาะ มะเร็งตับ, มะเร็งหลอดอาหาร, มะเร็งทางเดินอาหาร, เหล้าทำให้เกิดโรคไขมันคั่งในตับ และโรคตับแข็งก่อนที่จะเป็นมะเร็งตับ เหล้าเป็นทอเมอร์โปรโมเตอร์ เหล้าทำให้อัตราการเกิดมะเร็งช่องปาก คอหอย และกล่องเสียงในคนสูบบุหรี่สูงถึง 10-20 เท่า อัตราเสี่ยงการเกิดมะเร็งจะเพิ่มตามจำนวนครั้งของการดื่มและเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ในสุราที่ดื่ม

2.5 บทบาทของแอลกอฮอล์และบุหรี่ในการเกิดมะเร็งบริเวณศีรษะและคอ นั้นเข้าใจว่าเนื่องจากสารก่อมะเร็งที่เกิดจากการเผาไหม้ของบุหรี่เป็นตัวเริ่มต้น และมี Alcohol เป็นตัวส่งเสริมให้สารพิษออกฤทธิ์ที่อวัยวะเป้าหมายโดยแอลกอฮอล์มีบทบาทดังนี้

2.5.1. แอลกอฮอล์อาจมีหน้าที่เป็นตัวทำลายของสารพิษ

2.5.2. แอลกอฮอล์ อาจเป็นตัวทำให้ระบบทำลายสารพิษต่างๆ เสื่อมประสิทธิภาพลง ทำให้ปริมาณสารพิษตกค้างในร่างกายจนเกิดการสะสมแสดงความเป็นพิษออกมา

2.5.3. แอลกอฮอล์ทำให้ระบบmetabolismที่อวัยวะเป้าหมายเปลี่ยนแปลงไป

2.5.4. เนื่องจาก แอลกอฮอล์ 1 g ให้พลังงานถึง 7 Kcal จึงทำให้เกิดภาวะทุโภชนาการในผู้ติดสุราและทำให้มีการขาดจุล โภชนาสาร(micronutricort)ด้วย

2.5.5. แอลกอฮอล์ สามารถลดการดูดซึมสารอาหารสำคัญๆ รวมทั้ง vitamin ต่างๆ ที่ช่วยในการควบคุมการแบ่งตัวของ cell epithelial ทำให้ metabolism ภายใน cell epithelial ของอวัยวะเป้าหมายมีการเปลี่ยนแปลงส่งผลทำให้มีการกระตุ้นการเกิดพิษจากสารพิษในบุหรี่

2.5.6 บุหรี่ ทำให้เกิดโรคมะเร็งปอด มะเร็งช่องปาก และมะเร็งในทางเดินหายใจ อัตราเสี่ยงการเกิดมะเร็งขึ้นอยู่กับจำนวนบุหรี่ยี่ต่อวัน คนเป็นโรคมะเร็งปอดถึง 90 % ได้เคยสูบบุหรี่มานานก่อนในควันบุหรี่ยี่มีสารก่อมะเร็งหลายชนิด ในการเผาผลาญบุหรี่ยี่อย่างสมบูรณ์จนได้ควันบุหรี่ยี่แล้ว จะได้สารเคมี > 3,000 ชนิด โดยมีสารก่อมะเร็งที่สำคัญชนิดหนึ่ง คือ เบนโซ (10) และสารเคมีที่ก่อกลายพันธุ์และก่อการเกิดมะเร็งอื่นอีกมาก

เมื่อเร็วๆ นี้พบว่า ภรรยาที่มีสามีสูบบุหรี่มักจะเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งหลายชนิดได้ง่าย แสดงว่าผู้ที่หายใจควันบุหรี่ยี่โดยมิได้สูบเองก็มีอันตรายและโอกาสเป็นมะเร็งได้ สารอาหารที่ลดอัตราเสี่ยงการเกิดมะเร็ง มีฤทธิ์ตรงข้ามกับสองพวกแรก จึงมีการเรียกสารตรงข้ามพวกนี้ว่า "สารต่อต้านการก่อมะเร็ง"(anticarcinogens)ซึ่งพบว่ามิในธรรมชาติหลายชนิด

2.6. สารต่อต้านการก่อเกิดโรคมะเร็ง

2.6.1. กากใยอาหาร (dietary fiber) ป้องกันการเกิดมะเร็งทางเดินอาหาร โดยเฉพาะลำไส้ใหญ่ กากใยอาหารมีบทบาทต่อการลดการเกิดมะเร็งในลำไส้ดังนี้

- ใยอาหารมีคุณสมบัติสามารถอุ้มน้ำ (hydrations) ไว้ในตัวเองได้ดีมาก ดังนั้น เมื่อใยอาหารเคลื่อนไปสู่ลำไส้ใหญ่แล้ว ย่อมมีผลทำให้อุจจาระอ่อนตัว จึงเป็นการช่วยให้การขับถ่ายของเสียออกนอกร่างกายง่ายขึ้น
- ใยอาหารมีผลในการเพิ่มน้ำหนักของอุจจาระ (Fecal weight) แต่ไปเจือจางองค์ประกอบต่างๆ ในลำไส้ใหญ่ (colonic contents) ซึ่งเชื่อว่าผลเช่นนี้สามารถไปกระตุ้นประสาทของลำไส้ใหญ่ ทำให้การขับถ่ายของเสียออกนอกร่างกายได้มากขึ้น หรืออาจกล่าวได้ว่ากลไกที่เป็นการยับยั้งระยะเวลาการไหลของกากอาหารต่างๆภายในลำไส้ใหญ่สั้นลงนั่นเอง
- ใยอาหารมีคุณสมบัติอีกประการหนึ่ง คือ สามารถดูดซับสารอินทรีย์ (adsorption of organic substances) บางชนิดได้ดี โดยเฉพาะอย่างยิ่ง สารอินทรีย์ที่อยู่ในลำไส้ใหญ่ ได้แก่ bile acid, bile salt รวมทั้งสารอินทรีย์หลายชนิดที่มีฤทธิ์ก่อมะเร็ง เช่น dimethyldiazine, methyazoxymethanol เป็นต้น
- ใยอาหารบางชนิด โดยเฉพาะ Non-cellulitic polysaccharide เมื่ออยู่ในลำไส้สามารถทำปฏิกิริยาหมัก (fermentation) โดยผลจาก bacteria บางชนิด แล้วทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารพวกกรดไขมันอิสระชนิดสั้น (Short-Chain Free Fatty acid) ได้แก่ acetic acid, propionic acid และ butyric acid เป็นต้น Fatty acid เหล่านี้ ทำให้อาหารมีความเป็นกรดต่ำ (pH) ในลำไส้ลดต่ำลง เรียกว่าเป็น acidle pH ซึ่งเป็นภาวะที่ไม่เอื้ออำนวยให้เซลล์ของลำไส้ใหญ่กลายเป็นเซลล์มะเร็งได้โดยง่าย เพราะจากการศึกษาพบว่าภาวะความเป็นกรดต่ำที่สูง หรือ Alkaline pH เท่านั้นที่จะถือว่าเป็นปัจจัยที่สำคัญในการกระตุ้นหรือส่งเสริมให้เกิดมะเร็งลำไส้ใหญ่ - จากการศึกษาพบว่าหากจำกัดหรือควบคุมระดับของพลังงานในร่างกายให้พอเหมาะแล้ว ย่อมเป็นหนทางหนึ่งที่จะช่วยลดระยะเวลาในการไหลผ่านของกากอาหารภายในลำไส้ใหญ่ และช่วยเพิ่มการขับถ่ายออกนอกร่างกาย ทำให้เพิ่มการสูญเสียพลังงานโดยการขับถ่ายอุจจาระ

2.6.2. วิตามินเอ รวมทั้งเบต้าแคโรทีน และคาโรทีนอยด์ ควบคุมการ differentiated ของ special epithelial cell ส่วนใหญ่ ได้แก่ mucous secreting columnar epithelium ใน gland และ mucous surface ถ้าขาดวิตามินเอ จะทำให้เซลล์เหล่านี้ถูกแทนที่ด้วย non secreting lecratinized squamous epithelium ที่พบเห็นได้ เช่นใน mucous membrane ของตา, mucoga ของ respiratory, gastrointestinal และ genitourinary tract เรียกภาวะนี้ว่า "Squamous metaplasia" ซึ่งเป็นผลทำให้ลดความต้านทานต่อ

การติดเชื้อ และการบุกรุกทำลายของสารพิษ และสารก่อมะเร็งทั้งหลาย นอกจากนี้ วิตามินเอยังเป็นสารเอกสารถิ่นเป็นเอกสารถิ่นสงวนไว้สำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนตีออกซิเดนต์ (antioxidant) และมีคุณสมบัติไปจับกับsingleoxygen(ส่งเสริมภูมิคุ้มกันของBCGในการต่อต้านมะเร็งให้ดียิ่งขึ้น)

2.6.3. วิตามินอี หรืออัลฟาโทโคเฟอรอล (alpha tocopherol) เป็นสารแอนตีออกซิเดนต์ธรรมชาติที่สำคัญที่สุดของร่างกาย มีบทบาทในการทำลายสารพวกฟรีเรดิคัล (Free radicals) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เซลล์ตาย เซลล์เสื่อมสภาพ เซลล์กลายพันธุ์ และการเกิดมะเร็ง โมเลกุลของวิตามินอีละลายฝังอยู่ในชั้นฟอสโฟไลปิดของเยื่อหุ้มเซลล์จึงป้องกันขบวนการออกซิเดชันของไลปิดบนเยื่อเป็นอย่างดี

2.6.4. วิตามินซีมีผลต่อการป้องกันการเกิดโรคมะเร็งดังนี้

- ช่วยลดอัตราเสี่ยงจากการเกิดมะเร็ง โดยวิตามินซีจะทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ superoxide และ hydroxyl เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปฏิกิริยาคลอโซซึ่งมาจากการสลายตัวของไขมันไม่อิ่มตัว (polyunsaturated fatty acid) และยังทำปฏิกิริยาโดยอ้อมในการป้องกันการสลายตัวของไขมันในเยื่อหุ้มเซลล์ โดยช่วยในการสังเคราะห์วิตามินอีที่ติดกับผนังเซลล์ขึ้นมาใหม่เป็นการป้องกันการทำลายเนื้อเยื่อเซลล์
- ช่วยป้องกันการเกิดมะเร็ง โดยวิตามินซีจะช่วยให้การทำลายเป็นพันธะของสารก่อมะเร็งโดยตรง ป้องกันขบวนการเกิดเซลล์มะเร็ง เนื่องจากคุณสมบัติที่เป็นแอนตีออกซิเดนต์ โดยจับกับอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้น บทบาทที่สำคัญคือ มีฤทธิ์ยับยั้งปฏิกิริยาระหว่างไนโตรไซด์ และอะมิโนทูติยะกวมิ มีผลให้เกิดไนโตรซามีน ซึ่งเป็นสารทำให้เกิดโรคมะเร็งได้นั้นเป็นไปได้น้อยลง และวิตามินซี ยังช่วยกระตุ้นให้มีภูมิคุ้มกันต้านทาน โดยเพิ่มประสิทธิภาพของ Lymphocytes นอกจากนี้ วิตามินซี ยังมีส่วนช่วยเสริมสร้างความแข็งแรง หรือ crosslinks ให้แก่โมเลกุล collagen ของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน จึงสามารถช่วยกระตุ้นให้เนื้อเยื่อมีการสร้าง capsule (encapsulation) คือมีรอบเซลล์มะเร็งที่เกิดขึ้นในรูปของเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน จึงป้องกันการขยายตัวของเซลล์มะเร็ง ถ้าโรคมะเร็งขนาดเล็กอาจถูกล้อมจนไม่สามารถแบ่งตัวจนกลายเป็นcystไป

2.6.5. สารธรรมชาติอื่นๆมีรายงานจากการวิจัยพบว่ามีสารยับยั้งการเกิดมะเร็งเช่น

- อัลลิซิน (allicin) และ สารพวกซัลไฟด์ (sulfides) ใน น้ำมันที่สกัดจากหัวหอมและกระเทียม
- แทนนิน (tannin) เช่น อีปีแกลโลแคเทคินแกลเลต (epigallocatechingallate) จากใบชา โพลีฟีนอล (polyphenols) จากผักผลไม้รสฝาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- อินโดล-3-คาร์บีนอล (indole-3-carbinol) และอินโดล-3-อะซิโตไนไตรท์ (indole-3-acetonitrile) ซึ่งมาจากสารกลูโคบราสซิซิน (glucobrassicin) ในกะหล่ำปลีรอก โคลีและผักใบอื่นๆ
- น้ำมันจากผลส้ม (citrus fruit oils) สามารถลดฤทธิ์ของ benzo (a) pyrene และ 9,12-dimethylbenz (a)anthracene ที่ทำให้เกิดมะเร็งในหนูได้
- สารคาวิบอลปาล์มปีเตท (kahwcol palmitate) และคาเฟสตอลปาล์มปีเตท (cufestal palmitate) ในเมล็ดกาแฟดิบ ยับยั้งการเกิดมะเร็งเต้านมในหนูได้ - สารฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ในพืชหลายชนิด กระตุ้นการทำงานของเซลล์เพชรฆาต (naturalkillercells) ให้ทำลายเซลล์มะเร็งได้ดียิ่งขึ้น



61499

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบเซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์

3.1 ความสำคัญของการวัดและการควบคุม

วัตถุประสงค์ของการวัดและการควบคุม มีความสำคัญดังต่อไปนี้

- 1.1.1. การวัดเป็นการแสดงตัวแปรซึ่งเป็นรายละเอียดของระบบ
- 1.1.2. เพื่อควบคุมความแน่นอนในการปฏิบัติงานหรือกระบวนการ หลักการของการวัดคือเปรียบเทียบค่าจริงกับค่าที่ต้องการจะปฏิบัติงาน
- 1.1.3. การจำลองสภาพของระบบ
- 1.1.4. เป็นการทดสอบเพื่อศึกษาการออกแบบ
- 1.1.5. เพื่อใช้ในการปรับกระบวนการ
- 1.1.6. เพื่อทดสอบวัสดุ ศึกษามาตรฐาน และกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์
- 1.1.7. เพื่อยืนยันปรากฏการณ์ทางฟิสิกส์/ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์
- 1.1.8. เพื่อควบคุมคุณภาพในอุตสาหกรรม

3.2 นิยามอุปกรณ์รอบข้างและคุณลักษณะที่สำคัญของทรานสดิวเซอร์ (Definition and Specification of Transducer)

- 3.2.1. เซ็นเซอร์ (Sensor) คือส่วนที่ใช้รับสัญญาณจากระบบการในตอนแรก หรืออาจเรียกได้ว่า “ อินพุตทรานสดิวเซอร์ ”
- 3.2.2. ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) คืออุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ตรวจจับ รับความรู้สึกตัวแปรทางกายภาพ ตัวใดตัวหนึ่งแล้วเปลี่ยนค่าทางด้านเอาต์พุตให้เป็นตัวแปรทางกายภาพตัวอื่น

3.3 คุณลักษณะของทรานสดิวเซอร์ที่ต้องการ

3.3.1 มีความสามารถในการรับสัญญาณและตรวจจับพร้อมทั้งรับความรู้สึกค่าสัญญาณอินพุตที่ต้องการและต่อไม่มีความไวกับสัญญาณอื่น ๆ (ที่ไม่ต้องการ) ขณะที่ทำการวัด ตัวอย่างเช่น ทรานสดิวเซอร์ที่วัดความเร็วจะต้องรับความเร็วอย่างทันทีทันใดนั้น และต้องไม่รับเอาตัวแปร (ความรู้สึก) ของแรงเคลื่อนและอุณหภูมิที่อยู่ในบริเวณนั้น

3.3.2 ไม่ดัดแปลงหรือแก้ไขค่านัยสำคัญที่จะวัด

3.3.3 มีความสามารถต่อการดัดแปลงระบบ (amenable) นั่นคือให้ง่ายต่อการปรับปรุงระบบ

โดยใช้อุปกรณ์ที่อยู่ในกระบวนการเดิม ๆ ได้ เช่นรูปของทรานสดิวเซอร์ที่มักจะทำให้อยู่ในของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณทางไฟฟ้า เพราะจะทำให้ง่ายต่อการจัดการและได้เปรียบในการต่อเข้ากับอุปกรณ์คำนวณหรืออุปกรณ์แสดงค่าสมัยใหม่เพื่อแสดงรายละเอียดของสัญญาณดังกล่าว

3.3.4. ต้องมีความแน่นอน (accuracy) ที่ดี

3.3.5. ต้องมีค่าความสามารถในการทำซ้ำ (reproducibility) ที่ดี (เช่น ความเที่ยงตรง)

3.3.6. ต้องมีขนาด (amplitude) ที่เป็นเชิงเส้น

3.3.7. ต้องมีผลตอบสนองต่อความถี่เพียงพอ (เช่น มีผลตอบสนองทางพลวัตที่ดี)

3.3.8. ต้องไม่สร้างหรือกำเนิดการรบกวนเฟสต่อกัน (เช่น ไม่มี time lag ระหว่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตของทรานสดิวเซอร์

3.3.9. ต้องมีความสามารถในการต่อต้านสิ่งรบกวนจากสิ่งแวดล้อม โดยไม่ทำลายความถูกต้องของระบบ และรักษาความแน่นอนในขีดที่ยอมรับได้

3.3.10. ต้องมีผลตอบสนองและความน่าเชื่อถือที่ดี

3.4 การตรวจวัดความร้อน (Thermal Sensors)

นิยามของอุณหภูมิ (Definition of Temperature)

3.4.1. พลังงานความร้อน (Thermal Energy)

ในวัสดุที่เป็นของแข็ง แต่ละอะตอมหรือแต่ละโมเลกุลจะยึดเกาะหรือมีพันธะต่อกันอย่างแข็งแรง สภาวะดังกล่าวนี้เรียกว่า “ตำแหน่งสมดุล” (equilibrium position) อย่างไรก็ตามแต่ละอะตอมยังคงสามารถสั่นสะเทือนรอบตำแหน่งที่มันตั้งอยู่ได้ แต่ถ้าของแข็งที่ไม่มีพันธะของโมเลกุล แสดงว่าพลังงานความร้อนภายในอะตอมเป็นศูนย์หรือ $W_{TH} = 0$ ตอนนี้หากเราเพิ่มพลังงานให้กับวัตถุดังกล่าวจะทำให้โมเลกุลเกิดการสั่นสะเทือนรอบ ๆ ตำแหน่งสมดุลของมันจึงกล่าวได้ว่าขณะนี้มีความร้อนเกิดขึ้นหรือ $W_{TH} > 0$ หากเราเพิ่มพลังงานเข้าไปในวัตถุนี้อีก การสั่นสะเทือนจะเพิ่มมากขึ้น สุดท้ายสภาวะในการยึดเกาะก็จะน้อยลงและแตกออกในที่สุด แสดงว่าวัตถุดังกล่าวนี้เกิดการหลอมละลายและกำลังจะกลายเป็นของเหลว

ในกรณีของแก๊ส หากเพิ่มพลังงานความร้อนในวัตถุที่เป็นของเหลวให้มากขึ้นต่อไปอีก ความเร็วของโมเลกุลก็จะเพิ่มขึ้นจนอยู่ในสภาวะสุดท้ายทำให้เกิดช่องว่างระหว่างแต่ละโมเลกุลเต็มที่ หากถึงขั้นโมเลกุลไม่สัมผัสกันและเคลื่อนที่อย่างสุ่ม ๆ (random) ในภาชนะ วัตถุดังกล่าวก็จะกลายเป็นแก๊สไปในที่สุดมีผลทำให้โมเลกุลชนกระแทกกับโมเลกุลอื่น ๆ รวมถึงผนังของภาชนะ

ในงานจริง วัตถุประสงค์ของการตรวจวัดความร้อน อุปกรณ์วัดความร้อนของวัตถุหรือสิ่งแวดล้อม จะอยู่ในรูปแบบที่แตกต่างกัน

3.4.2. อุณหภูมิ (Temperature)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยของการวัดพลังงานที่เหมาะสมก็คือ “จูล” (Joule) ซึ่งเป็นหน่วยในระบบ SI ค่านี้จะขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ เพราะมันจะเป็นตัวบอกปริมาณในการเก็บความร้อน ส่วนการวัดพลังงานความร้อนเฉลี่ยต่อโมเลกุลก็มีหน่วยเป็นจูลเช่นเดียวกัน

3.4.2.1 สเกลของอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Absolute Temperature Scale)

มีการใช้งาน 2 สเกลด้วยกัน คือ สเกลเคลวิน (K) และสเกลแรงคิล ($^{\circ}\text{R}$) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$(1\text{K}) = \frac{180}{100} (1^{\circ}\text{R}) = \frac{9}{5} 1^{\circ}\text{R} \quad (3.1)$$

ดังนั้นการแปลงสเกลก็จะกำหนดได้เป็น

$$T(\text{K}) = \frac{5}{9} T(^{\circ}\text{R}) \quad (3.2)$$

เมื่อ $T(\text{K}) =$ อุณหภูมิในหน่วย K

$T(^{\circ}\text{R}) =$ อุณหภูมิในหน่วย $^{\circ}\text{R}$

3.4.2.2. สเกลอุณหภูมิสัมพันธ์ (Relative to Thermal Energy)

สเกลนี้คือสเกลขององศาเซลเซียส (สัมพันธ์กับองศาเคลวิน) และองศาฟาเรนไฮต์ (สัมพันธ์กับองศาเคลวิน)

$$T(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15 \quad (3.3)$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = T(\text{R}) - 459.6 \quad (3.4)$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = \frac{9}{5} T(^{\circ}\text{C}) + 32 \quad (3.5)$$

ความสัมพันธ์กับพลังงานความร้อน (Relative to Thermal Energy)

$$W_{\text{TH}} = \frac{3}{2} kT \quad (3.6)$$

เมื่อ $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K เป็นค่าคงที่ของโบลซ์มาน

3.5. การวัดอุณหภูมิ (Measurement of Temperature)

3.5.1. วิธีการวัดที่ไม่ใช่วิธีทางไฟฟ้า (Non-Electrical Methods)

วิธีที่ไม่ใช่การวัดอุณหภูมิทางไฟฟ้า อาจจะอยู่บนวิธีใดวิธีหนึ่งดังต่อไปนี้

3.5.2 .การเปลี่ยนแปลงสถานะทางฟิสิกส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.3. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และ

3.5.4. การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางฟิสิกส์

3.6. โดยทั่วไปวิธีการแสดงผลของอุณหภูมิ

3.6.1. เทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งโลหะ (Solid Rod thermometer)

หลักการของเทอร์โมมิเตอร์แบบแท่งโลหะนี้ อยู่บนหลักการของการขยายตัวเชิงเส้นของโลหะเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

3.6.2. เทอร์โมมิเตอร์แบบไบเมทัลลิก (Bimetallic Thermometer)

เทอร์โมมิเตอร์นี้ใช้หลักการขยายตัวของของแข็ง

3.6.3. เทอร์โมมิเตอร์แบบเติมของเหลวในหลอดแก้ว (Liquid-in-Glass Thermometer)

เทอร์โมมิเตอร์แบบนี้ใช้วัดอุณหภูมิซึ่งใช้ความแตกต่างของการขยายตัวนี้เป็นตัวบอกระดับอุณหภูมิ

3.6.4. เทอร์โมมิเตอร์แบบความดัน (Pressure Thermometer)

ทำงานบนพื้นฐานการขยายตัวของของไหล อันเนื่องมาจากการเพิ่มความดันของปริมาตรที่ใช้วัดอุณหภูมิ เทอร์โมมิเตอร์แบบนี้ใช้งานกันอย่างกว้างขวางในการวัดอุณหภูมิทางอุตสาหกรรม

3.6.5. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอทที่อยู่ในโลหะ (Mercury-in-steel Thermometer) เทอร์โมมิเตอร์

แบบนี้มีสเกลเป็นเชิงเส้น และมีกำลังเพียงพอที่จะใช้งานกับปากกาบันทึกได้

3.6.6. เทอร์โมมิเตอร์แบบปริมาตรคงที่ (Constant Volume Thermometer) เทอร์โมมิเตอร์แบบ

ดังกล่าวนี้ใช้แก๊สเฉื่อย (ปกติจะเป็นไนโตรเจน) เป็นตัวทำงานแทนที่ปรอท หลักการทำงานคืออาศัยการเพิ่มความดันของแก๊สเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ณ จุดที่ซึ่งปริมาตรคงที่

3.6.7. เทอร์โมมิเตอร์แบบความดันไอ (Vapor Pressure Thermometer) เทอร์โมมิเตอร์แบบนี้

สเกลไม่เป็นเชิงเส้น

3.7 การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะกับอุณหภูมิ

3.7.1. ความต้านทานของโลหะกับอุณหภูมิ (Temperature Versus Resistance of Metallic)

โลหะเกิดจากการรวมอะตอมในสถานะของแข็ง ซึ่งในแต่ละอะตอมจะมีตำแหน่งการสั่นที่ซ้อนทับกัน และพลังงานความร้อนจะสมดุลกัน คุณสมบัติที่สำคัญของโลหะอยู่ที่ว่าในแต่ละอะตอมจะมีอิเล็กตรอน 1 ตัว เรียกว่า “ วาเลนซ์อิเล็กตรอน “ (valance electron) ที่สามารถเคลื่อนที่ผ่านวัตถุได้อย่างอิสระซึ่งกลายเป็นอิเล็กตรอนตัวนำ (conduction electron)

เมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ผ่านวัตถุอะตอมแต่ละตัวจะเกิดการกระทบกับอะตอมที่อยู่กับที่ (stationary atom) หรือโมเลกุลของวัตถุ เป็นผลทำให้เกิดพลังงานความร้อนขึ้น อะตอมก็จะสั่นและทำ

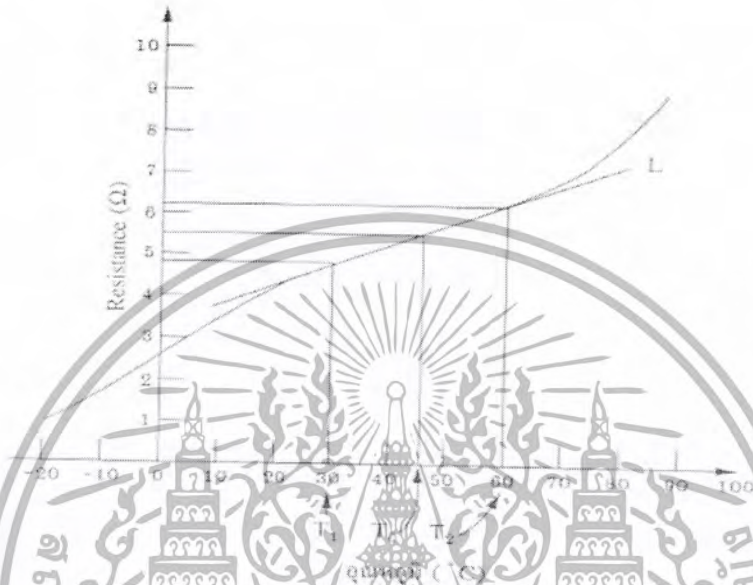
ให้อิเล็กตรอนการนำสั่นด้วย ทำให้มีการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและมีการดูดกลืนพลังงานเกิดขึ้น นั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่

แม้ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คือ ขณะนี้วัตถุดังกล่าวจะกลายเป็นตัวต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้า และจะมีการสั้นสะท้อนมากขึ้นหากได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น

3.7.2. การประมาณค่าความต้านทานกับอุณหภูมิ (Resistance Versus Temperature Approximation)



รูปที่ 3.1 เส้น L แสดงการประมาณค่าความต้านทานกับอุณหภูมิระหว่าง T_1 และ T_2

การประมาณค่าความเป็นเชิงเส้น (linear approximation) คือการหาค่าจากสมการเส้นตรงซึ่งพล็อตระหว่างค่าความต้านทานเทียบกับอุณหภูมิ (R-T curve) ในบางช่วงที่ต้องการ

ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ โดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทาน (resistance Temperature Detectors ; RTD)

อาร์ทีดี คือ ตัวเซ็นเซอร์อุณหภูมิที่ใช้หลักการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของโลหะซึ่งค่าความต้านทานดังกล่าวจะมีค่าเพิ่มตามอุณหภูมิ ความต้านทานของโลหะที่เพิ่มเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นนี้เรียกว่า “ สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแบบบวก “ (Positive Temperature Coefficient ; PTC) นอกจากนี้อาร์ทีดียังมีชื่อเรียกได้อีกอย่างว่า “ เทอร์โมมิเตอร์แบบค่าความต้านทาน “ (Resistance Temperatures)

อาร์ทีดีค้นพบในปีเดียวกับที่ซีเบ็คค้นพบปรากฏการณ์เทอร์โมอิเล็กทริก โดย Sir Humphry Day ซึ่งพบว่า ความต้านทานในโลหะจะมีผลตามค่าความร้อน อีก 50 ปีต่อมา Sir William Siemens ก็นำเอาแพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมมิเตอร์ และจัดให้เป็นเทอร์โมมิเตอร์แบบปฐมภูมิที่มีความแม่นยำสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในความเป็นจริงค่าความต้านทานของอาร์ทีดีแบบแพลทินัม (PRTD) ที่ใช้กันในทุกวันนี้จะมีการกำหนดสเกลมาตรฐานจากจุดออกซิเจน (-182.96°C) ถึงจุดแอนติโมนี (630.74°C) โดย IPTS

เราพบว่าความนำ (conductivity) ; σ ของโลหะใดๆ จะเป็นฟังก์ชันกับค่าของอุณหภูมิ ในทางกลับกันค่าความต้านทานจำเพาะ (resistivity) ซึ่งเป็นส่วนกลับของความนำ ก็จะเปลี่ยนแปลงเกือบเป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิในย่านอุณหภูมิห้อง เช่น อะลูมิเนียม ทองแดง และเงิน จะมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 0.4% เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ซึ่งอาจจะแสดงค่าความนำของโลหะใดๆ ได้เป็น

$$\sigma = -\rho_e \mu_e \quad (3.7)$$

เมื่อ ρ_e = ความหนาแน่นของประจุอิเล็กตรอนอิสระมีค่าเป็นลบ

μ_e = ความสามารถในการเคลื่อนที่ได้ของอิเล็กตรอน ; $\text{m}^2/\text{V}\cdot\text{s}$

3.8.ชนิดของอาร์ทีดี (Type of RTD)

3.8.1.แพลทินัม เป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด เขียนบอกไว้เป็น PT ได้แก่ PT-10, PT-100, PT-1000 ความสามารถในการทำซ้ำสูง แต่ความไวต่ำ ราคาแพงมากเมื่อเทียบกับนิกเกิลซึ่งมีความสามารถในการทำซ้ำน้อย แต่มีความไวมากกว่า และราคาถูกกว่า

3.8.2.ทองคำและเงิน ราคาทั้งสองมีค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ

3.8.3.ทั้งสแตนมีค่าความต้านทานจำเพาะสัมพัทธ์สูง มักใช้กับการวัดอุณหภูมิที่มีค่าสูง เพราะหากใช้ที่อุณหภูมิปกติจะมีความเปราะและยากต่อการใช้งาน

3.8.4.นิกเกิล ใช้กับย่านวัดอุณหภูมิสูงๆ มีความเป็นเชิงเส้นต่ำ ทำให้เกิดค่าดริฟต์ (drift) กับเวลา นอกจากนี้ยังมีวัสดุชนิดอื่นๆ ที่ใช้ทำอาร์ทีดี ได้แก่ เหล็ก เป็นต้น

3.9.คุณลักษณะของอาร์ทีดี (Characteristic of RTD)

3.9.1. ความไว (Sensitivity) ความไวของอาร์ทีดีหาได้จากค่าของ α_0 พบว่าแพลทินัมจะมีค่า $\alpha = 0.00385 \text{ } \Omega/\Omega/^{\circ}\text{C}$ (ประมาณ $0.004/^{\circ}\text{C}$) ดังนั้น สำหรับแพลทินัมอาร์ทีดีแบบ 100Ω จึงเปลี่ยนค่าความต้านทานไปเพียง $0.4 \text{ } \Omega$ เท่านั้น หากอุณหภูมิเปลี่ยนไป 100°C

3.9.2. ผลตอบสนองต่อเวลา (Response Time) เวลาในการตอบสนองของอาร์ทีดีเกิดจากการนำความร้อน โดยทั่วไปเวลาที่จะกำหนดโดยสภาวะอากาศอิสระ (หรือสภาวะใดๆ ที่สมมูลกัน) หากว่าหากมันอยู่ในฝักป้องกัน (sheath) มันจะสัมผัสความร้อนได้ไม่ดีจึงทำให้ได้ผลตอบสนองต่อเวลาช้า

3.9.3. โครงสร้าง (Construction) แน่แน่นอนว่าอาร์ทีดีที่มีความยาวของสายมาก จะทำให้ความต้านทานเป็นฟังก์ชันกับอุณหภูมิมาก

3.9.4.การปรับสภาพสัญญาณ (Sine Conditioning)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.9.5.ค่าคงที่ในการสูญเสีย (Dissipation Constant)

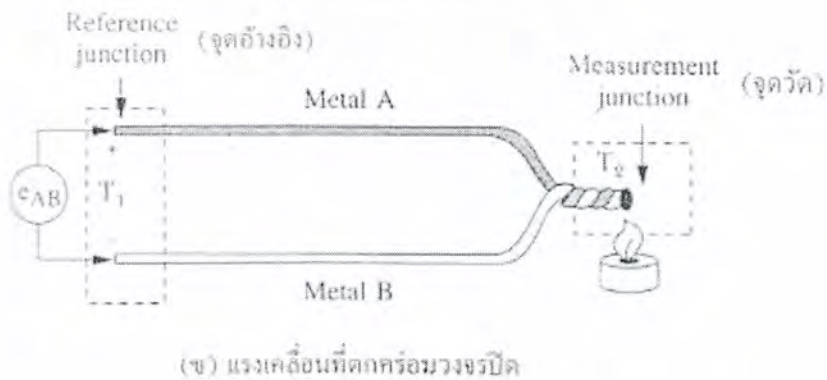
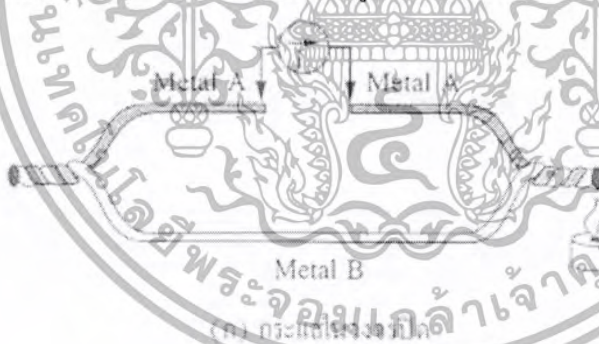
3.9.6.ย่านการใช้งาน (Range) ย่านประสิทธิภาพการใช้งานของอาร์ทีดีจะขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นอุปกรณ์แอททิฟ พบว่า อาร์ทีดีแบบแพลทินัมจะมีย่านใช้งานจาก -100°C ถึง 650°C ในขณะที่อาร์ทีดีที่ทำจากนิกเกิลจะมีช่วงใช้งานจาก -180°C ถึง 300°C

ข้อควรจำในการวัดอุณหภูมิโดยใช้อาร์ทีดี คือ

- ต้องมีการชิลด์สายและเดินสายบิดเกลียวเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน
- อาร์ทีดีมีความเปราะบาง จึงต้องป้องกันและระวังการใช้งาน
- เนื่องจากที่อาร์ทีดีไม่สามารถกำเนิดพลังได้เหมือนกับเทอร์โมคัปเปิล จึงทำให้มีกระแสไหลผ่านและเกิดผลของความร้อนจุด (I²R) กับตัวมันเอง

3.10 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิล คืออุปกรณ์วัดอุณหภูมิโดยใช้หลักการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิหรือความร้อนเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า (emf) เทอร์โมคัปเปิลทำมาจากโลหะตัวนำที่ต่างชนิดกัน 2 ตัว (แตกต่างกันทางโครงสร้างของอะตอม) นำมาเชื่อมต่อกันทั้งสองเข้าด้วยกันที่ปลายด้านหนึ่ง เรียกว่าจุดวัดอุณหภูมิ ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งปล่อยให้โล่ เรียกว่าจุดอ้างอิง หากจุดวัดอุณหภูมิและจุดอ้างอิงมีอุณหภูมิต่างกันก็จะทำให้มีการนำกระแสในวงจรเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองข้าง ปรากฏการณ์ดังกล่าวนี้ค้นพบโดย Thomus Seebeck นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ในรูปที่ 2 เป็นวงจรที่ใช้อธิบายผลของซีเบ็คดังกล่าว



รูปที่ 3.2 แสดงผลของซีเบ็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.1. ผลของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากความร้อน (Thermoelectric Effect)

ทฤษฎีพื้นฐานของผลจากเทอร์โมอิเล็กทริก เกิดจากการส่งผ่านทางไฟฟ้าและทางความร้อนของโลหะที่ต่างกันจึงทำให้เกิดความต่างศักย์ทางไฟฟ้าตกคร่อมที่โลหะนั้น ความต่างศักย์นี้จะสัมพันธ์กับความจริงที่ว่า อิเล็กตรอนในปลายด้านร้อนของโลหะจะมีพลังงานความร้อนมากกว่าปลายทางด้านเย็น จึงทำให้อิเล็กตรอนมีความเร็วไปหาปลายด้านเย็น ที่อุณหภูมิเดียวกันนี้การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะแปรเปลี่ยนไปตามโลหะที่ต่างชนิดกันด้วย ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า โลหะที่ต่างกันจะมีการนำความร้อนที่ต่างกันนั่นเอง

3.10.1.1. ผลของซีเบ็ค (Seebeck Effect) โดยใช้ทฤษฎีโซลิตัสเตด เราสามารถวิเคราะห์ค่าได้จากสมการอินทิเกรตค่าจากย่านของอุณหภูมิดังกล่าวนี้คือ

$$\varepsilon = \int_{T_1}^{T_2} (Q_A - Q_B) dT \quad (3.8)$$

สมการนี้จะอธิบายผลของซีเบ็ค ซึ่งพบว่า

3.10.1.2. ค่า emf. ที่เกิดจะเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ จึงเกิดความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งผ่านความร้อนของโลหะ

3.10.1.3 ถ้าใช้โลหะชนิดเดียวกันมาทำเทอร์โมคัปเปิลค่า emf. ที่ได้ก็จะมีค่าเป็นศูนย์

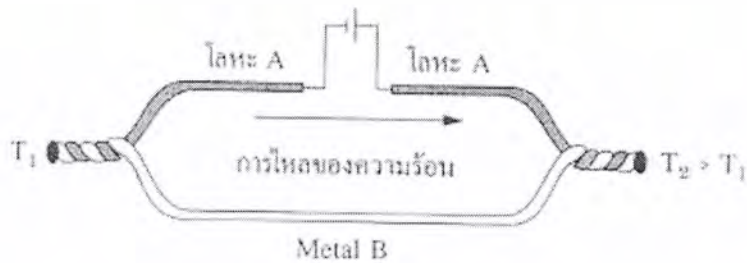
3.10.1.4. ถ้าอุณหภูมิทั้งสองจุดคือจุดวัดและจุดอ้างอิงเหมือนกันค่า emf. ก็จะเป็นศูนย์ โดยสูตรที่เขียนและสามารถนำมาคำนวณได้เช่นกันคือ

$$\varepsilon = \alpha(T_2 - T_1) \quad (3.9)$$

เมื่อ α = ค่าคงที่หรือเรียกว่าสัมประสิทธิ์ของซีเบ็ค ; volts/K

T_1, T_2 = อุณหภูมิที่จุดต่อ ; K

3.10.2. ผลของเพลเทียร์ (Peltier Effects) หากคิดย้อนกลับจากผลของซีเบ็ค นั่นคือใช้โลหะที่แตกต่างกันสองชนิดมาเชื่อมต่อทั้งสองเข้าด้วยกันแล้วจ่ายพลังงานจากภายนอกเข้าไป ก็จะเป็นเหตุให้เกิดกระแสไหลในวงจร เพราะจากคุณสมบัติในการส่งไฟฟ้าและความร้อนของโลหะ พบว่าขั้วหนึ่งจะเกิดความร้อน (T_2) และอีกขั้วหนึ่งจะเกิดความเย็น (T_1) ขึ้น โดยผลดังกล่าวเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์” (Peltier effect) และถูกนำไปใช้งานพิเศษสำหรับการทำความเย็นกับส่วนของระบบอิเล็กทรอนิกส์ หรือแม้กระทั่งเครื่องทำความเย็นขนาดเล็ก



รูปที่ 3.3 แสดงผลของเพลเทียร์

3.10.3. ตารางแสดงแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Table)

ตารางเทอร์โมคัปเปิลจะให้แรงเคลื่อนสำหรับเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชนิด เมื่ออ้างอิงกับจุดอ้างอิงที่กำหนด (0°C) ณ อุณหภูมิที่จุดวัดต่างๆ พบว่าที่อุณหภูมิ 210°C เทอร์โมคัปเปิลชนิด j เมื่ออ้างอิงที่ 0°C จะมีแรงเคลื่อนเป็น

$$V(210^{\circ}\text{C}) = 11.3 \text{ mV (ชนิด } j, 0^{\circ}\text{C ref.)}$$

ในทางกลับกัน ถ้าเราวัดแรงเคลื่อนได้ 4.768 mV กับชนิด s และอุณหภูมิอ้างอิงที่ 0°C เราพบว่า

$$T(4.768 \text{ mV}) = 555^{\circ}\text{C (ชนิด } s, 0^{\circ}\text{C ref.)}$$

แต่บางครั้ง แรงเคลื่อนที่วัดได้จะไม่ตรงกับค่าในตาราง จึงจำเป็นต้องมีการแบ่งสเกล (interpolate) ระหว่างค่าในตาราง ซึ่งหาได้จากสมการการแบ่งสเกลดังนี้

$$T_M = T_L + \left[\frac{T_H - T_L}{V_H - V_L} \right] (V_M - V_L) \quad (3.10)$$

เมื่อ V_M = คือแรงเคลื่อนที่วัดได้จากมิเตอร์

V_H และ V_L = ค่าแรงเคลื่อนของ T_H และ T_L อ่านได้จากตารางโดย V_H อยู่สูงกว่า V_M และ V_L ต่ำกว่า V_M

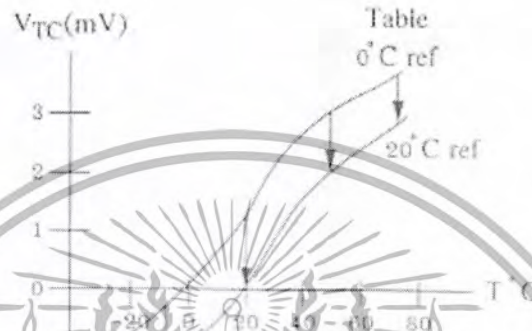
T_H และ T_L = ค่าอุณหภูมิที่ตรงกับค่าแรงเคลื่อน V_H และ V_L ตามลำดับ

3.10.4. การเปลี่ยนจุดอ้างอิงของตาราง (Change of Table Reference)

หากอุณหภูมิอ้างอิงแตกต่างจากตารางเทอร์โมคัปเปิลที่กำหนดไว้ เราก็ยังสามารถใช้ค่าจากตารางนี้เป็นฐานในการคำนวณได้ ข้อควรจำคือเมื่อวัดอุณหภูมิเดียวกันแต่เปลี่ยนไปใช้จุดอ้างอิงที่สูงกว่าจะทำให้แรงเคลื่อนทางเข้าที่พุดถูกกดให้ต่ำลง ดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นนำเทอร์โมคัปเปิลชนิด J ซึ่งมีจุดอ้างอิงที่ 30°C ไปวัดที่ 400°C วิธีการหาแรงเคลื่อนใหม่ที่ได้คือ ชั้นแรกหาแรงเคลื่อน ณ อุณหภูมิที่ต้องการอ้างอิงใหม่จากตาราง โหนดนี้คือ 30°C ณ จุดอ้างอิง 0°C จากภาพผนวก ข. พบว่ามีแรงเคลื่อน 1.54 mV (เรียกค่าที่หาได้นี้ว่าตัวประกอบ) หลังจากนั้นก็นำค่านี้ไปลบออกจากแรงเคลื่อนที่จุดวัดที่ 400°C เมื่อจุดอ้างอิงเป็น 0°C หรือเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังนี้



รูปที่ 3.4 แสดงการเปลี่ยนจุดอ้างอิงจาก 0 ถึง 200°C ซึ่งจะสอดคล้องกับการเลื่อนลงของเส้นโค้งแรงเคลื่อนเทอร์โมคัปเปิล

$$V(30^{\circ}\text{C}) = 1.54 \text{ mV (ชนิด J, } 0^{\circ}\text{C ref.) ชั้นแรก}$$

$$\text{และ } V(400^{\circ}\text{C}) = 21.85 \text{ mV (ชนิด J, } 0^{\circ}\text{C ref.) ชั้นที่สอง}$$

นำค่า (ตัวประกอบ) ที่ได้จากชั้นที่สองมาลบออกจากชั้นแรก ทำให้ได้แรงเคลื่อนซึ่งขึ้นอยู่กับความแตกต่างนี้เป็น

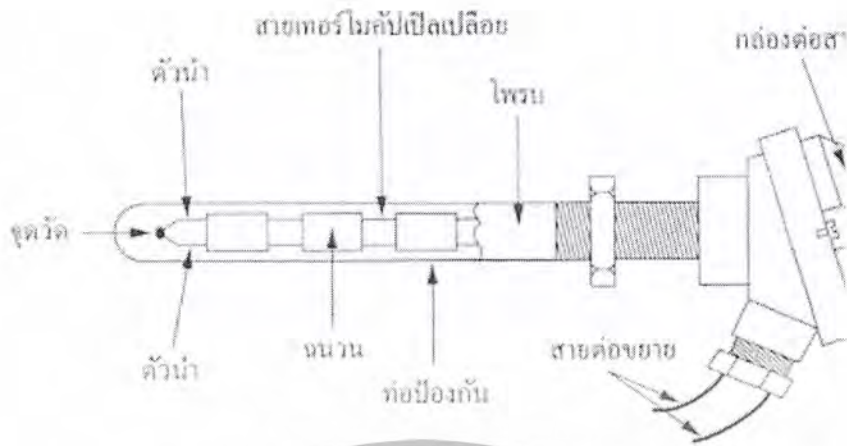
$$V(400^{\circ}\text{C}) = 20.31 \text{ mV (ชนิด J, } 30^{\circ}\text{C ref.)}$$

เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสนของจุดอ้างอิงจะเขียนในแบบใหม่ เช่น V_{j0} จะหมายถึงแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลชนิด J อ้างอิงที่ 0°C และ V_{j30} หมายถึงของชนิด J อ้างอิงที่ 30°C

3.10.5. คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน (Characteristic of Standard Thermocouples)

3.10.5.1. ความไว (Sensitivity) จากตารางแรงเคลื่อนของ NBS แสดงว่าย่านของแรงเคลื่อนจากเทอร์โมคัปเปิลจะมีค่าน้อยกว่า 100 mV แต่ความไวที่แท้จริงในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับการใช้วงจรปรับสภาพสัญญาณและตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดง โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิล

3.10.5.2. โครงสร้าง (Construction) โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิลมีลักษณะดังรูปที่ 3.5 โดยต้องมีลักษณะดังนี้คือ: มีความต้านทานต่ำ ให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ด้านทานต่อการเกิดออกไซด์ที่อุณหภูมิสูงๆ ทนต่อสภาวะแวดล้อมที่นำไปใช้วัดค่า และเป็นเชิงเส้นสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ตัวฝักหรือท่อป้องกันส่วนมากจะทำจากสเตนเลส ความไวของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับความหนาของท่อป้องกันทั้งเยอรมันเนียมและซิลิคอนจะทำให้คุณสมบัติการเกิดเทอร์โมอีเล็กทริกจึงใช้กันมากในอุปกรณ์ทำความเย็น (peltier element) มากกว่าที่จะใช้เป็นเทอร์โมคัปเปิลวัดอุณหภูมิ

ขนาดของสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดได้จากการใช้งานแต่ละอย่าง และมีขนาดจาก #10 ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่คงที่ จนถึงขนาด # 30 หรือแม้กระทั่ง 0.02 mm ซึ่งเป็นสายแบบไมโครไวร์ (microwire) ที่ใช้กับการวัดอุณหภูมิการกลั่น ในงานทางชีววิทยา

3.10.5.3. ย่านการใช้งาน (Range) ย่านอุณหภูมิการใช้งานและความไวในการวัดของเทอร์โมคัปเปิล แต่ละตัว จะแตกต่างกันตามแต่ละสมาคมจะกำหนด ในส่วนที่สำคัญคือค่าแรงเคลื่อนที่ออกมาจากแต่ละอุณหภูมิจะต้องอ้างอิงกับตารางค่ามาตรฐานของแต่ละสมาคมที่ใช้ให้ถูกต้องเป็นเอกภาพเดียวกันหมดทั้งระบบ

3.10.5.4. เวลาตอบสนอง (Time Response) เวลาตอบสนองของเทอร์โมคัปเปิลขึ้นอยู่กับขนาดของสายและวัสดุที่นำมาทำท่อป้องกันตัวเทอร์โมคัปเปิล

3.10.5.5. การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning) ปกติแรงเคลื่อนของเทอร์โมคัปเปิลจะมีขนาดน้อยมากจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณ โดยใช้อปแอมป์ขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.6.การใช้งานเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐาน (Characteristic in Application of Thermocouple Standard Type) ในปัจจุบัน พบว่ามีเทอร์โมคัปเปิลมาตรฐานอยู่ 7 ชนิดตามมาตรฐานของ ANSI และ ASTM โดยการจำแนกตามประเภทของวัสดุที่ใช้ทำได้แก่

3.10.6.1.เทอร์โมคัปเปิลแบบ S ประดิษฐ์โดยนาย Le Chatelier ในปี 1886

ข้อดีของแบบ S

- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะที่เกิดปฏิกิริยาเคมีแบบออกซิไดซิง(oxidizing)
- เหมาะกับการใช้งานในสภาวะงานเฉื่อย (inert) คืองานที่ไม่เปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาใดๆ ได้ง่าย ๆ
- นิยมใช้กับงานวัดตัวแปรที่มีอุณหภูมิสูง เช่น เตาหลอมเหล็ก
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1550°C และอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ -50 ถึง ประมาณ 1700°C
- หากอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมจะให้ความเที่ยงตรงสูงที่สุด
- ใช้ในการสอบเทียบ ตั้งแต่จุดแข็งตัวของแอนติโมนี (630.74°C) จนถึงจุดแข็งตัวของทองแดง (1064.43°C) ตามมาตรฐาน IPTS 68

ข้อเสียของแบบ s

- ต้องใช้ท่อป้องกันในทุกสภาวะบรรยากาศ
- ไม่เหมาะกับงานที่มีปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง (reducing)
- ไม่เหมาะกับงานที่เป็นสุญญากาศ(vacuum)
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอโลหะ เช่น สังกะสี ตะกั่ว
- ไม่เหมาะกับงานที่มีไอของอโลหะ เช่น กำพวด อาเซนิก ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส เพราะจะมีอายุการใช้งานสั้นลง

3.10.6.2.เทอร์โมคัปเปิลแบบ R เป็นแบบที่เหมาะสมกับการวัดอุณหภูมิสูง ๆ

ข้อดีของแบบ R

- ให้แรงเคลื่อนทางด้านเอาท์พุทสูงกว่าแบบ S
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 1600°C
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วง-50 ถึงประมาณ 1700°C
- เหมาะกับการวัดอุณหภูมิสูงๆ เช่น ในเตาหลอมเหล็ก อุตสาหกรรมแก้ว
- ทนทานต่อการกัดกร่อน และให้เสถียรภาพของอุณหภูมิที่ดี

ส่วนลักษณะข้อเสียเช่นเดียวกับแบบ S แต่ส่วนที่เพิ่มเติมคือ ให้ความเป็นเชิงเส้นต่ำเพิ่ม อุณหภูมิต่ำกว่า 540°C

3.10.6.3.เทอร์โมคัปเปิลแบบ B ผลิตรั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของแบบ B

- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วงประมาณ 100 ถึงประมาณ 1600^oc
- วัดอุณหภูมิช่วงสั้นได้จากช่วงประมาณ 50 ถึงประมาณ 1750^oc
- แข็งแรงกว่าแบบ S และแบบ R
- เหมาะกับการใช้งานในสถานะที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงและสถานะเฉื่อย ให้ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณ (linearity) ดี

ข้อเสียของแบบ B

- ให้แรงเคลื่อนของไฟฟ้าน้อยกว่าแบบอื่น ๆ เมื่อวัดอุณหภูมิที่เงื่อนไขเดียวกัน
- ไม่เหมาะกับสถานะที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาแบบรีดิวซิง
- ไม่เหมาะกับสถานะที่เป็นสุญญากาศ
- ไม่เหมาะกับสภาพงานที่มีไอของโลหะและโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และ S
- ให้ค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าสองค่า (double value region) จากอุณหภูมิในช่วง 0-42^oc (ตั้งรูปตัวอย่างด้านล่าง) ทำให้ไม่สามารถทราบได้ว่าที่แรงเคลื่อนไฟฟ้านั้นมีอุณหภูมิเป็นเท่าใด เช่นที่อุณหภูมิ 0^oc จะแรงเคลื่อนไฟฟ้าเท่ากับ 42^oc
- ให้ความชัน(การเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิ) ของสัญญาณต่ำกว่าแบบอื่น ๆ

3.10.6.4.เทอร์โมคัปเปิลแบบ J พบว่าหากใช้แพลทินัมมาทำเป็นเทอร์โมคัปเปิลความคุ้มทุนก็ลดลงไป ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลราคาถูกลง จึงใช้วัสดุธาตุอื่นที่มีราคาถูกกว่ามาทดแทนแพลทินัม โดยรหัสสีตามมาตรฐาน BS มีดังนี้ ถ้าขั้วบวก จะเป็นสีดำ ขั้วลบจะเป็นสีขาว ทั้งตัวจะเป็นสีดำ

ความแน่นอนตามมาตรฐาน BS 1797 Part 30, 1993 ได้แก่

1. Class 1 = -40^oC ถึง +750^oC $\pm 0.004 \times t$ หรือ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
 2. Class 2 = -40^oC ถึง +750^oC $\pm 0.0075 \times t$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
- เมื่อ t คือ อุณหภูมิจริง

ข้อดีของแบบ J

- ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิได้ดี
- มีราคาถูกกว่าแบบที่ทำจากธาตุบริสุทธิ์
- ตามมาตรฐาน BS 7937 Part 30 สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่อเนื่องจากช่วงประมาณ -210 ถึง 1200^oc

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เหมาะกับสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่ งานที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิง และงานที่อยู่ ในสภาพเฉื่อย เมื่ออุณหภูมิไม่เกิน 760°C
- นิยมใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติก
- เป็นแบบที่นิยมใช้ ราคาไม่แพง

ข้อเสียของแบบ J

- วัสดุอุณหภูมิได้ต่ำกว่าแบบ T
- ไม่เหมาะสมมากนักกับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0°C
- หากวัดที่อุณหภูมิสูงกว่า 538°C จะเกิดปฏิกิริยาออกซิไดซิงที่สายซึ่งทำจากเหล็กด้วยอัตราสูง
- หากใช้งานนานเกินช่วง 20 ปี ส่วนผสมทางเคมี คือ แมงกานีสในเหล็กจะเพิ่มขึ้น 0.5% ทำให้ คุณสมบัติของแรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

3.10.6.5.เทอร์โมคัปเปิลแบบ K วัสดุหนึ่งที่เป็นฐานสำหรับการสร้างคือ นิกเกิล เทอร์โมคัปเปิล ชนิดนี้เริ่มผลิตให้เป็นมาตรฐานตั้งแต่ปี ค.ศ. 1916 โดยพื้นฐานการผลิต ขั้วหนึ่งจะเป็นนิกเกิลที่เจือปน ด้วยอะลูมิเนียมส่วนอีกด้านที่เจือปนด้วยโครเมียม เพราะในปี ค.ศ. 1916 ยังไม่สามารถสร้าง นิกเกิลบริสุทธิ์ได้จึงได้เติมสารไม่บริสุทธิ์ต่าง ๆ ในส่วนผสมของวัสดุชนิด K แต่ในปัจจุบันได้มีการ ระวังส่วนผสมที่จะทำให้เกิดความ ไม่บริสุทธิ์ดังกล่าวเพื่อเหตุผลในการบำรุงรักษาและสอบเทียบ ด้วยเหตุนี้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K ที่กำหนดเป็นค่ามาตรฐานจะไม่ใช้โลหะผสมแต่โดยทั่วไปจะ ผสมธาตุพิเศษเข้าไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของแรงเคลื่อน/อุณหภูมิของจุดหลอมละลายที่กำหนดไว้ข้อ ควรระวังในการใช้งานของชนิด K มีดังนี้

- ขั้วลบของเทอร์โมคัปเปิลจะเป็นวัสดุเฟอร์โรแมกเนติก (เหล็กที่เป็นสารแม่เหล็ก) ที่ อุณหภูมิห้อง แต่ที่จุดคิวรีของมัน (curie point คืออุณหภูมิที่มันเปลี่ยนจากคุณสมบัติเหล็กไปเป็น แม่เหล็ก) อยู่ในช่วงที่ใช้งานพอดี ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางเอาต์พุตอย่างทันทีทันใด ยิ่ง ไปกว่านั้นพบว่าจุดคิวรีดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของโลหะผสม จุดคิวรีนี้จะเปลี่ยนคุณสมบัติจาก เทอร์โมคัปเปิลตัวหนึ่งให้เป็นเทอร์โมคัปเปิลอีกตัวหนึ่ง ดังนั้นจึงต้องทดลองหาการเปลี่ยนแปลงแรง เคลื่อนที่ไม่ทราบค่า ณ อุณหภูมิที่เราไม่ทราบค่านี้

-ที่อุณหภูมิสูง ๆ (ช่วง 200°C ถึง 600°C)เทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะมีผลของฮิสเตอร์รีซิสเกิดขึ้น ขณะที่มันอ่านค่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นและในช่วงที่อุณหภูมิลดลง ซึ่งเป็นช่วงที่ไม่สามารถจะคาดเดาการ เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้

-ที่อุณหภูมิ 1000°C ขั้วของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K จะเกิดออกไซด์ เป็นเหตุให้มีการเปลี่ยนแปลง แรงเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-การใช้โอบอลต์เป็นโลหะผสมสำหรับเทอร์โมคัปเปิลชนิดKจะทำให้เกิดปัญหาในอุตสาหกรรมนิวเคลียร์ หรือในพื้นที่อื่น ๆ ที่มีฟลักซ์นิวตรอนสูง ๆ ธาตุบางตัวจะรับเอาการปลดปล่อยนิวเคลียร์ จึงทำให้เปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนทางด้านเอาต์พุต

ย่านการทำงานและความแน่นอนของเทอร์โมคัปเปิลในงานอุตสาหกรรม ที่กำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584(รหัสสำหรับการวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล) ช่วงการวัดอุณหภูมิต่อเนื่องของเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้จะเป็น -270°C ถึง $+1,370^{\circ}\text{C}$

โดยมีระดับความแน่นอนซึ่งกำหนดโดยมาตรฐาน IEC 584 (ตารางอ้างอิงสำหรับเทอร์โมคัปเปิลนานาชาติ เป็นดังนี้

1. Class 1 = -40°C ถึง $+1,000^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.004 \times t$ หรือ $\pm 1.5^{\circ}\text{C}$
2. Class 2 = -40°C ถึง $+1,200^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.0075 \times t$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$
3. Class 1 = -200°C ถึง $+40^{\circ}\text{C}$ $\pm 0.015 \times t$ หรือ $\pm 2.5^{\circ}\text{C}$

เมื่อ t อุณหภูมิจริงที่ทำกรวัด

รหัสสี่สำหรับสายเทอร์โมคัปเปิลกำหนดโดยมาตรฐาน BS 4937 part 30 ,1993

(รหัสสี่ตามมาตรฐานอังกฤษสำหรับสายชนิดแบบคู่ของเทอร์โมคัปเปิล) สำหรับชนิด K ขั้วบวกจะเป็นสีเขียว ขั้วลบจะเป็นสีขาว ถ้าตลอดทั้งตัวจะเป็นสีเขียว ส่วนสายชนิดเซตัญญาณ (ชนิด vx) ก็เหมือนกับสีด้านบนที่กล่าวมา โดยสรุป

ข้อดีของแบบ K

- เป็นแบบที่นิยมใช้แพร่หลายมากที่สุด
- สำหรับการวัดอุณหภูมิช่วงสั้น ๆ จะวัดได้จาก -180°C ถึงประมาณ $1,350^{\circ}\text{C}$
- สามารถใช้วัดในงานที่มีปฏิกิริยาออกซิไดซิง หรือสภาวะแบบเฉื่อย(inert) ได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ
- สามารถใช้กับสภาพงานที่มีการแผ่รังสีความร้อนได้ดี
- ให้อัตราการเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนไฟฟ้าต่ออุณหภูมิดีกว่าแบบอื่น ๆ (ความชันเกือบเป็น 1) และมีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดาเทอร์โมคัปเปิลด้วยกัน

ข้อเสียของแบบ K

- ไม่เหมาะกับการวัดที่ต้องสัมผัสกับปฏิกิริยารีดิวซิงและออกซิไดซิงโดยตรง
- ไม่เหมาะกับการงานที่มีไอของซัลเฟอร์
- ไม่เหมาะกับการสภาพงานที่เป็นสุญญากาศ (ยกเว้นจะใช้ในระยะเวลาสั้นๆ)
- หลังการใช้งานไป 30 ปี ทำให้ส่วนผสมทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป เป็นผลทำให้คุณสมบัติของ

แรงเคลื่อนไฟฟ้าเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.10.6.6. เทอร์โมคัปเปิลแบบ T

ข้อดีของแบบ T

- ดีกว่าแบบ K ตรงที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำกว่า นั่นคือเหมาะกับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่า จุดเยือกแข็งของน้ำ เช่นในห้องเย็น ตู้แช่แข็ง
- ให้ความแม่นยำในการวัดดีกว่าแบบ K (ช่วงที่ต่ำกว่า 100°C ความแม่นยำจะเป็น $\pm 1\%$)
- มีเสถียรภาพในการวัดอุณหภูมิ
- การวัดสภาพงานที่เป็นสุญญากาศงานที่มีปฏิกิริยาแบบออกซิไดซิงรีดิวซิงและงานที่มีปฏิกิริยาแบบเฉื่อยจะทำได้
- วัดอุณหภูมิอย่างต่อเนื่องได้จากช่วง -185 ถึง 300°C และวัดอุณหภูมิแบบช่วงสั้นๆ ได้จากช่วง -250 ถึง 400°C
- ทนต่อบรรยากาศที่มีการกัดกร่อนได้ดี

ข้อเสียของแบบ T

- เป็นแบบที่วัดอุณหภูมิช่วงบวกได้น้อยกว่าแบบอื่นๆ
- หากใช้วัดอุณหภูมิที่สูงกว่า 370°C จะทำให้เกิดออกไซด์มาก
- ไม่เหมาะกับการวัดอุณหภูมิที่สัมผัสกับการแผ่รังสีความร้อนโดยตรง (ทำให้ส่วนผสมของวัสดุที่ใช้ทำเปลี่ยนไป คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนไปด้วย)
- เมื่อใช้งานไปนานๆ ในช่วง 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิลและสังกะสีจะเพิ่มประมาณ 10% ทำให้คุณสมบัติทางไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน
- คุณสมบัติของแรงเคลื่อนต่ออุณหภูมิไม่เป็นเชิงเส้น (แต่ก็ปรับปรุงได้จากวงจรปรับสภาพสัญญาณ)

3.10.6.7. เทอร์โมคัปเปิลชนิด E

ข้อดีของแบบ E

- ให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงสุดเมื่อวัดอุณหภูมิเทียบกับแบบอื่น ๆ ในสถานะเดียวกัน
- วัดอุณหภูมิต่อเนื่องได้จากช่วง 0 ถึง 800°C
- คุณสมบัติอื่น ๆ คล้ายกับแบบ K

การแก้ไขให้ระบบวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลให้ทำงานได้ดีขึ้น ต้องปฏิบัติดังนี้

1. ใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่ที่สุดที่จะเป็นไปได้ เพราะมันจะไม่พองเอาความร้อนออกจากพื้นที่การวัดเข้ามา

2. ถ้าต้องการใช้สายขนาดเล็ก ๆ ให้ใช้เฉพาะในขอบเขตที่ทำกรวัด และใช้สายขยาย (extention wire) ในขอบเขตที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสาย
3. หลีกเลี่ยงความเค้นทางกลและการสั่นสะเทือนที่มีผลให้เกิดความเครียดในสาย
4. เมื่อใช้สายเทอร์โมคัปเปิลยาว ๆ ให้ต่อซีลด์ที่สายไปยังขั้วต่อสายของดิจิตอลโวลต์ มิเตอร์ และใช้สายขยายสัญญาณแบบบิเดเกลียว
5. หลีกเลี่ยงบริเวณที่เต็มไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิกลางสาย
6. พยายามเลือกสายเทอร์โมคัปเปิลในพิคคอุณหภูมิของมัน
7. ป้องกันวงจรแปลง integrate A/D จากการรบกวน
8. ใช้สายขยายเฉพาะที่อุณหภูมิต่ำ ๆ และการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิกลางสายน้อย ๆ
9. ทดสอบและเก็บค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก่า ๆ ไว้ พร้อมกับวัดค่าความต้านทานของเทอร์โมคัปเปิลเก็บไว้เป็นช่วง ๆ

3.11 เทอร์มิสเตอร์ (Thermistors)

เทอร์มิสเตอร์ มาจากคำว่า “Thermally sensitive variable resistor” ทำมาจากวัสดุตัวนำที่เหมือนกับเซรามิก อยู่ในรูปของออกไซด์ของแมงกานีส นิกเกิล และโคบอลต์ มีค่าความต้านทานจำเพาะในช่วง 100 ถึง 450,000 โอห์ม-เซนติเมตร ในเบื้องต้นสามารถประยุกต์ใช้งานสองอย่างคือ (1) เป็นอุปกรณ์วัดอุณหภูมิสำหรับระบบกรวัดและควบคุม (2) เป็นอุปกรณ์ตรวจจับกำลังงานไฟฟ้า เพราะอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ จะเป็นฟังก์ชันกับกำลังที่ถูกดูดกลืน โดยอุปกรณ์การวัดกำลังคลื่นความถี่วิทยุเป็นตัวอย่างของการใช้งานตามหัวข้อที่ 2

3.11.1. ความต้านทานของสารกึ่งตัวนำกับอุณหภูมิ (Semiconductor Resistance Versus Temperature)

สารกึ่งตัวนำ คือการที่อิเล็กตรอนสั้นจนถึงช่วงที่ทำให้มีการเพิ่มพลังงานของวาเลนซ์อิเล็กตรอน เมื่อพลังงานนี้มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าช่องว่างพลังงาน Δ_{ng} ในขณะที่อิเล็กตรอนจะเข้ามาอยู่ในแถบการนำและอิสระที่จะนำกระแสได้

ข้อสำคัญคือช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของสารกึ่งตัวนำนี้จะไม่เป็นเชิงเส้น

3.11.1.1. ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานต่ออุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ หลักการของเทอร์มิสเตอร์ คือค่าความต้านทานจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิตามหลักการของสารกึ่งตัวนำ นั่นคือเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นความต้านทานจะลดลง คุณลักษณะดังกล่าวนี้เรียกว่ามี “สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิเป็นลบ” (เอ็นทีซี) การเปลี่ยนแปลงนี้จะแปรตามความไม่บริสุทธิ์ในการเจือปนหากเจือปนมากเกินไปสารกึ่งตัวนำจะมีสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิเป็นบวก

3.11.1.2. ความไวหรือสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของอาร์ทีดี จะมีค่าเพิ่มขึ้นหากว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น

3.11.1.3. เวลาตอบสนอง (time response) ผลตอบสนองของเทอร์มิสเตอร์ขึ้นอยู่กับประเภทของวัสดุและสภาวะแวดล้อม สำหรับเทอร์มิสเตอร์ที่บรรจุอยู่ในอ่างน้ำมัน (ที่มีการสัมผัสความร้อนที่ดี) ผลตอบสนองของเวลาจะมีค่าประมาณ 0.5 วินาที แต่หากเป็นเทอร์มิสเตอร์ตัวเดียวกันที่อยู่ในอากาศ อาจจะใช้เวลาตอบสนองถึง 10 วินาที เทอร์มิสเตอร์แบบจานหรือแบบแท่งขนาดใหญ่ อาจจะมีผลตอบสนองต่อเวลาเป็น 10 วินาที หรือมากกว่า ถึงแม้ว่าจะมีการสัมผัสความร้อนที่ดีก็ตาม

ชนิดของเทอร์มิสเตอร์

โดยปกติเทอร์มิสเตอร์จะแบ่งเป็น 2 ประเภทตามสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงความต้านทานต่ออุณหภูมิ อันได้แก่

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของเทอร์มิสเตอร์ชนิด เอ็นทีซี ที่ใช้กันบ่อยๆ

ตัวแปร	ค่าโดยสรุป
ย่านของอุณหภูมิที่ทำการวัด	-100° C ถึง 450° C (ไม่ได้วัดโดยตัวเดียวกัน)
ความต้านทานที่ 25° C	0.5 Ω ถึง 100 M Ω 1 k Ω ถึง 10 M Ω เป็นค่าโดยทั่วไป
B	2000 K ถึง 5500 K
อุณหภูมิสูงสุด	> 125° C 300° C เป็นค่าปกติในสภาวะคงที่ 600° C เป็นค่าปกติเมื่อไม่สม่ำเสมอ
ค่าคงที่ในการสูญเสีย, δ	1 mW/K ในอากาศนี้ 8 mW/K ในน้ำมัน
เวลาคงที่ความร้อน	1 มิลลิวินาที ถึง 22 วินาที
การสูญเสียกำลังสูงสุด	1 มิลลิวัดต์ ถึง 1 วัตต์

ชนิด เอ็นทีซี เทอร์มิสเตอร์ชนิดนี้ผลิตได้โดยการผสมและเจือปนออกไซด์ของโลหะ เช่น นิกเกิล โคบอลต์ แมงกานีส เหล็ก และทองแดง แล้วอัดให้ติดกันเป็นก้อนแข็ง (sintering dope)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการนี้ทำให้สำเร็จได้เมื่อมีการควบคุมสภาวะแวดล้อมในการผลิต เทอร์มิสเตอร์แบบนี้ใช้สำหรับการวัดและควบคุมอุณหภูมิ

ชนิด พีทีซี อยู่ในรูปของสวิตช์ พีทีซี ใช้แบเรียมไททาเนตเป็นฐานและเพิ่มตะกั่วหรือเซอร์โคเนียมไททาเนตลงไปปรับความไวในการสับเปลี่ยนอุณหภูมิที่จะวัด ส่วนเทอร์มิสเตอร์แบบ พีทีซี ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิจริงๆ จะใช้ซิลิคอนเป็นธาตุตั้งต้นในการเจือปน เทอร์มิสเตอร์แบบนี้มักจะนำไปประยุกต์ใช้ในการป้องกันแรงเคลื่อนหรือกระแสเกินค่าปกติในวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 3.6 แสดงการออกแบบ โพรบเทอร์มิสเตอร์แบบต่างๆ

3.11.2. การปรับสภาพสัญญาณ (Signal Conditioning)

เพราะว่าเทอร์มิสเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานกับอุณหภูมิสูงจึงมีหลายวงจรที่สามารถนำมาใช้งานได้ เช่น วงจรแบ่งแรงเคลื่อน วงจรบริดจ์ เป็นต้น แต่ก็ต้องพิจารณาข้อได้เปรียบของแต่ละแบบเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์มิสเตอร์ทำให้ยากต่อการวัดค่า จึงต้องแน่ใจว่าการสูญเสียกำลังในเทอร์มิสเตอร์จะไม่เกินขีดจำกัด

3.11.3. การประยุกต์ใช้งาน

เช่น การวัดระบบการทำความเย็นของหม้อน้ำในรถยนต์ ในวงจรประกอบด้วยแบตเตอรี่ ตัวต้านทานปรับค่าได้ เทอร์มิสเตอร์ และไมโครแอมป์มิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12 ไอซีเซ็นเซอร์อุณหภูมิ (Integrated – Circuit Temperature Sensors)

ที่ผ่านมาพบว่าเทอร์โมคัปเปิลมีสัญญาณทางด้านเอาต์พุตต่ำมากและมีความเป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิต่ำ นอกจากนี้ยังต้องมีการชดเชยค่าที่ถูกต้องให้ด้วย ส่วนอาร์ทีดีให้เอาต์พุตเป็นความต้านทานแต่จะมีค่าน้อย และเทอร์มิสเตอร์ก็จะเป็นเชิงเส้นน้อยมาก

มีตัวตรวจวัดอุณหภูมิตัวหนึ่งที่เป็นทางเลือก ได้แก่อุปกรณ์ที่ประดิษฐ์จากสารกึ่งตัวนำอิเล็กทรอนิกส์ที่อยู่ในรูปของ โมโนลิธิก ไอซี ในที่นี้จะกล่าวถึงเบอร์ต่างๆดังนี้

3.12.1. ไอซีตระกูล 335

ในที่นี้จะอ้างอิงเบอร์ LM335 ส่วนตัวอื่นในตระกูลเดียวกันจะเป็นดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 แสดงย่านวัดอุณหภูมิของ LM135/LM235/LM335

อุปกรณ์	ย่านวัด(°C)	การใช้งาน
LM135	-55 ถึง +150	ทางการแพทย์
LM235	-40 ถึง +125	งานอุตสาหกรรม
LM335	-40 ถึง +100	เชิงธุรกิจ

ไอซีเบอร์ LM335 เป็นซีเนอร์ ไดโอดที่ไวต่ออุณหภูมิ เมื่อเราจ่ายแรงเคลื่อนไปอัสกลับให้อยู่ในย่านเบรกดาวน์ จะทำให้มีความไวทางด้านเอาต์พุตเป็น $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{K}$ หรือ

$$V_Z = \frac{10 \text{ mV}}{^{\circ}\text{K}} T \quad (3.11)$$

จากที่พบว่าองศาเคลวินและองศาเซลเซียสมีค่าเหมือนกัน แต่จะมีออฟเซตเป็น 273° นั่นคือ

$$0^{\circ}\text{C} = 273^{\circ}\text{K}$$

ดังนั้นเอาต์พุตของ LM335 จึงกลายเป็น

$$V_Z = 2.73 \text{ V} + \left(\frac{10 \text{ mV}}{^{\circ}\text{C}} \right) T \quad (3.12)$$

กระแสจากรูปที่ 5.25 จะต้องจำกัดให้อยู่ที่

$$5 \text{ mA} > I_Z > 400 \text{ } \mu\text{A}$$

ด้วยเหตุนี้จึงเห็นว่าที่กระแสสูงๆ LM335 จะร้อนเนื่องจากกำลังงาน $I_Z V_Z$ แต่ที่กระแสต่ำกว่า 1 mA จะทำให้ความแน่นอนลดน้อยลง

เพื่อหาค่าของตัวต้านทานที่เหมาะสมที่จะนำมาต่ออนุกรมกับรูปที่ 5.25 อันดับแรกต้องหาแรงเคลื่อนตกคร่อมซีเนอร์ไดโอดที่อุณหภูมิปกติที่ใช้งาน ซึ่งหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_{bias} = \frac{V_{sup ply} - V_{no min al}}{1mA} \quad (3.13)$$

ต้องจำว่า กระแสไหลคต้องน้อยกว่ากระแสต่ำสุดที่ไหลผ่านเซ็นเซอร์ไดโอดจริง นั่นคือต้อง
แน่ใจว่า

$$I_{load} \ll I_{z min}$$

$$\frac{V_{max T}}{R_L} \ll \frac{V_{sup ply} - V_{max T}}{R_{bias}} \quad (3.14)$$

ความเป็นเชิงเส้นของ LM335 มีค่าเท่ากับ $\pm 1^\circ C$ สิ่งที่ต้องระวังในวงจรนี้คือ ออฟเซต 2.73
โวลต์อาจจะสร้างสัญญาณรบกวนให้กับวงจร จากวงจรด้านบนที่อุณหภูมิ $0^\circ C$ แรงเคลื่อนทางเอาต์พุต
จะมีค่าเป็น 0 โวลต์ไฟกระแสตรง

วงจรในรูป เป็นวงจรหนึ่งที่สามารถใช้ในการสอบเทียบเป็นแบบสองจุด (two-point
calibration) โดยมีลำดับขั้นดังนี้คือ

1. ปรับขา (wiper) ของโพเทนชิโอเมเตอร์ศูนย์ให้ได้แรงเคลื่อน -2.73 โวลต์
2. ปรับโพเทนชิโอเมเตอร์ $10k\Omega$ เป็นที่กึ่งกลาง นำตัวโพเทนชิโอเมเตอร์ไปวางที่อุณหภูมิไป
วางที่อุณหภูมิต่ำสุด ณ จุดที่ต้องการใช้งาน
3. ปรับโพเทนชิโอเมเตอร์ศูนย์ใหม่เพื่อกำจัดค่าความผิดพลาดออกครั้งหนึ่ง แล้วนำโพเทนชิโอ
มิเตอร์ไปวางไว้ยังจุดที่มีอุณหภูมิสูงสุดที่ต้องการใช้งาน
4. ปรับโพเทนชิโอเมเตอร์ $10k\Omega$ เพื่อกำจัดค่าความผิดพลาดด้านบนออก สลับกันวางตัว
เซ็นเซอร์ที่อุณหภูมิสูงและต่ำอย่างนี้แล้วปรับอย่างน้อยอีก 2 ครั้ง โดยใช้การปรับศูนย์ที่ด้านล่างและ
ปรับค่า $10k\Omega$ ที่ด้านบน

จากการทดลองด้านบน ต้องไม่ลืมช่วงเวลาที่จะทำให้ตัวเซ็นเซอร์เข้าสู่จุดเสถียรที่อุณหภูมิใหม่
ในแต่ละครั้งก่อนที่จะทำการปรับ นอกจากนี้ต้องแน่ใจว่าจะสามารถรักษาให้ R_{ZERO} มีค่าน้อยกว่า
 R_{BIAS} ซึ่งทำให้การปรับไม่มีผลกับค่า I_z

3.12.2. ไอซีตระกูล 34

ในที่นี้จะอ้างอิงเบอร์ LM34 จากบริษัท National Semiconductor ซึ่งไอซีเบอร์ LM34 นี้ให้แรง
เคลื่อนเอาต์พุตเป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิมองศาฟาเรนไฮด์ พบว่า LM34 มีข้อได้เปรียบเหนือตัวเซ็นเซอร์
อุณหภูมิแบบเชิงเส้นที่สอบเทียบกับอุณหภูมิมองศาเซลวินคือ

3.12.2.1. ไม่ต้องลบค่าคงที่ของแรงเคลื่อนออกจากเอาต์พุตของมัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.12.2.2. ไม่ต้องสอบเทียบหรือปรับค่าใดๆจากภายนอก แต่ยังคงให้ค่าความไม่แน่นอนได้ $\pm 1 \frac{1}{2}^{\circ}F$ ที่อุณหภูมิห้องและ $\pm 1 \frac{1}{2}^{\circ}F$ ที่อุณหภูมิ -50 ถึง $+300^{\circ}F$

3.12.2.3. อิมพีแดนซ์ทางด้านเอาต์พุตทำให้เอาต์พุตเป็นเชิงเส้น และให้ความเที่ยงตรงต่อการสอบเทียบทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์อ่านค่าหรือต่อกับวงจรควบคุมได้ดี

3.12.2.4. สามารถใช้ได้กับแหล่งจ่ายแบบแหล่งจ่ายปลายเดี่ยว หรือกับแหล่งจ่ายกำลังที่มีขั้วบวกและลบได้อีกด้วย กินกระแสที่ประมาณ 70 mA จากแหล่งจ่าย ความร้อนที่เกิดจากตัวมันเองมีค่าต่ำประมาณ $0.2^{\circ}F$ ในอากาศหนึ่ง

3.12.2.5. มีย่านใช้งานในช่วง -50 ถึง $+300^{\circ}F$ หากเป็นเบอร์ LM34C จะมีย่านใช้งานจาก -40 ถึง $+230^{\circ}F$

LM34 บรรจุในตัวถังแบบ TO-46 แบบทรานซิสเตอร์ ส่วน LM34C บรรจุในตัวถังแบบ TO-92 ซึ่งเป็นแบบทรานซิสเตอร์พลาสติกวงจรใช้งานร่วมกับ LM34 เป็นดังรูปที่ 5.27 พบว่าเอาต์พุตจะเปลี่ยนแปลงอยู่ในช่วง 50 mV ถึง 3.00 V โฟลทตรง หากใช้วัดอุณหภูมิจากช่วง $+5$ ถึง $-300^{\circ}F$ แต่หากต้องการวัดอุณหภูมิที่ต่ำกว่า $0^{\circ}F$ ต้องจ่ายแหล่งจ่ายลบให้กับตัวไอซี วงจรดังกล่าวนี้ที่ $300^{\circ}F$ จะมีแรงเคลื่อนเอาต์พุตออกมา $+3.00$ โวลต์ ส่วนที่ $-50^{\circ}F$ จะจ่ายแรงเคลื่อนออกมา -500 มิลลิโวลต์

บ่อยครั้งที่ต้องติดตั้งเซ็นเซอร์ โกลออกไปหลายเซนติเมตรจากวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ต่อร่วมจึงเป็นต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

- ต้องใช้สายตัวนำที่ต่อไปยังเซ็นเซอร์เพียงสองสายเท่านั้น (ไม่ใช่สามสาย)
- ต้องให้สัญญาณที่ย้อนกลับมาจากเซ็นเซอร์เป็นกระแสไม่ใช้แรงเคลื่อน ที่เป็นเช่นนี้ก็เพื่อกำจัดผลของค่าความต้านทานที่อนุกรมอยู่ในสาย
- ต้องรักษาให้สัมประสิทธิ์อุณหภูมิของตัวต้านทาน 499Ω ต่ำที่สุดเท่าที่เป็นไปได้ ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่า I_T ไม่เปลี่ยนแปลงเฉพาะกับแต่ V_T เท่านั้น แต่ยังเปลี่ยนแปลงไปกับตัวต้านทาน 499Ω ที่เกิดจากผลของอุณหภูมิอีกด้วย

3.12.3. ไอซีตระกูล 590/592

ถ้าหากต้องการส่งสัญญาณออกเป็นระยะทางไกลๆ และไม่ต้องการให้สัญญาณกระแสมีผลโดยตัวต้านทานที่อนุกรมในสาย ไอซีตระกูล 590 และ 592 ก็เป็นตัวเลือกที่ดีอีกตัวหนึ่ง ในตอนนี้จะยกตัวอย่างของบริษัท Analog Device ที่ให้เอาต์พุตออกมาเป็นแรงเคลื่อน และมีกระแสออกจาก AD590 และ AD592 ดังนี้

$$I_{out} = \left(\frac{1 \mu A}{^{\circ}K} \right) T \quad (3.15)$$

เมื่อ T อยู่ในหน่วย $^{\circ}K$ หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{out} = 273 \mu A + \left(\frac{1 \mu A}{^{\circ}K} \right) T \quad (3.16)$$

เมื่อ T อยู่ในหน่วย $^{\circ}C$ AD590 ให้ความแม่นยำเท่ากับ $+0.5^{\circ}C$ เมื่ออุณหภูมิอยู่ในช่วง -55 ถึง $+150^{\circ}C$ หากเปรียบเทียบกันแล้ว AD592 จะมีราคาสูงกว่า AD590 ย่านการใช้งานของมันจะอยู่ในช่วง -25 ถึง $+105^{\circ}C$ แต่มีความแม่นยำเป็น $0.5^{\circ}C$ ที่ $25^{\circ}C$ ความเป็นเชิงเส้น $0.2^{\circ}C$ ในช่วง 0 ถึง $70^{\circ}C$

3.12.3.1. การออกแบบวงจร (Design Considerations)

ในการออกแบบระบบควบคุมกระบวนการทั้งหมดต้องกำหนดความต้องการของอุปกรณ์แต่ละตัวในระบบ และระมัดระวังความเข้ากันได้ระหว่างคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรต่อระบบทั้งหมดที่เราต้องการ

การจะสร้างระบบการตรวจวัดอุณหภูมิ มีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

- ศึกษาและกำหนดธรรมชาติของการวัด ประกอบด้วยค่าในสภาวะปกติเดิม (nominal value) และย่านของการวัดอุณหภูมิ สภาวะทางกายภาพของธรรมชาติในระบบที่จะวัดความเร็วตอบสนองที่ต้องการวัด และลักษณะอื่นๆที่ต้องพิจารณา

- กำหนดความต้องการของสัญญาณทางด้านเอาต์พุต ในการใช้งานส่วนใหญ่เอาต์พุตจะเป็นสัญญาณกระแสมาตรฐาน 4-20 มิลลิแอมป์ หรือแรงเคลื่อนที่เป็นสเกลเดียวกันเพื่อแสดงย่านของอุณหภูมิในการวัด โดยอาจมีหัวข้ออื่นที่ต้องพิจารณาได้แก่การแยกระบบทางไฟฟ้าออกจากกัน (isolation) อิมพีแดนซ์ทางด้านเอาต์พุตหรือตัวประกอบอื่นๆ เช่นในบางกรณีอาจจะต้องกำหนดเอาต์พุตให้อยู่ในรูปของการเข้ารหัสในระบบดิจิทัลด้วย

- การเลือกตัวเซ็นเซอร์ พื้นฐานเบื้องต้นในการเลือกเซ็นเซอร์คือ เซ็นเซอร์มีคุณสมบัติที่พอดีกับย่านที่ต้องการวัดหรือไม่ สิ่งแวดล้อมเป็นอย่างไร แล้วจึงจะเลือกตัวเซ็นเซอร์นั้น รวมถึงตัวประกอบอื่นๆที่ต้องเลือก เช่น ราคา และความน่าเชื่อถือซึ่งเป็นสิ่งสำคัญ นอกจากนั้นความต้องการของสัญญาณเอาต์พุตก็เป็นตัวหนึ่งที่ต้องพิจารณา แต่ก็จัดว่ามีความสำคัญน้อยกว่าเพราะเราสามารถออกแบบวงจรปรับสภาพสัญญาณให้เป็นไปตามต้องการได้ในภายหลัง

- การออกแบบการปรับสภาพสัญญาณที่ต้องการ โดยการใช้เทคนิคการปรับสภาพสัญญาณการตรวจจับอุณหภูมิโดยตรงของตัวเซ็นเซอร์จะถูกเปลี่ยนไปเป็นสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการ การกำหนดชนิดของการปรับสภาพสัญญาณจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้และคุณสมบัติของสัญญาณเอาต์พุตที่ต้องการ

3.13 เครื่องศัลยกรรมด้วยมิดไฟฟ้า

เครื่องศัลยกรรมด้วยมิดไฟฟ้า จะทำงานที่ ความถี่วิทยุ (RF) โดยทั่วไปอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โทรด ทำงานในย่าน 300 ถึง 3000 kHz. ศัลยแพทย์ใช้เครื่องมือผ่าตัดมิดไฟฟ้า เพื่อที่จะตัดเนื้อเยื่อและทำให้แผลใหม่ ในรูปที่ 3.7 แสดงให้เห็น ถึง หลักการขั้นพื้นฐาน ของ เครื่องมือ ศัลยกรรมแบบมิดไฟฟ้านี้



รูปที่ 3.7 รูปแสดงหลักการพื้นฐานของเครื่องศัลยกรรมด้วยมิดไฟฟ้า

โดย จะมีอิเล็กโทรด 2 ตัว ติดกับ ตัวจ่าย คลื่นความถี่วิทยุ โดย อิเล็กโทรด อันหนึ่ง ทำงานและมี cross-sectional เล็กมาก ๆ ที่สัมผัสกับอิเล็กโทรดตัวอื่น โดยเป็นเครื่องมือ หรือ โพรบที่เตรียมไว้ให้ ศัลยแพทย์ทำการผ่าตัด

ส่วนอิเล็กโทรดที่ยังไม่มีการใช้งานหรืออยู่เฉย ๆ นั้น จะมีพื้นที่ๆมากกว่าอิเล็กโทรดที่ทำงาน อยู่อยู่ในระดับ 100 cm^2 หรือมีขนาดใหญ่มกกว่านั้น ก่อนหน้านั้น พาสซีฟ อิเล็กโทรดหรืออิเล็กโทรดที่ไม่ได้ใช้งานนั้น จะเป็นพื้นผิวของโลหะ ซึ่งเรียก ว่า patient plate จะอยู่ในตำแหน่งของก้นหรือด้านหลัง อย่างไรก็ตาม โดยทั่วไปโรงพยาบาลจะใช้เป็นแท่งอิเล็กโทรดแบบใช้แล้วทิ้ง แล้วก็เปลี่ยนใหม่

ความไม่คำนึงถึงชนิดของอิเล็กโทรดแบบพาสซีฟหลักการการทำงานในรูป ที่ 3.7 ยังคงเหมือนเดิม กระแสที่ไหลไปใน patient plate จะเหมือนกระแสที่ไหลในแอคทีฟอิเล็กโทรด ตั้งแต่ ที่แอคทีฟอิเล็กโทรดมีพื้นที่ของ cross-section เล็กกว่า พาสซีฟอิเล็กโทรด ความหนาแน่นของกระแส ในแอมแปร์ ต่อ ตารางเมตร ยิ่งไกลมากกว่า โดยผลของความแตกต่างของความหนาแน่นกระแส ระหว่างอิเล็กโทรด ทั้ง 2 เนื้อเยื่อข้างล่างพาสซีฟอิเล็กโทรดถูกให้ความร้อนอย่างน้อย ๆ ในขณะที่เนื้อเยื่อได้แอคทีฟอิเล็กโทรดนั้นถูกให้ความร้อนแบบทำลายเนื้อเยื่อส่วนนั้นไปเลย

การให้ความร้อนแก่เนื้อเยื่อ เนื่องจาก เนื่องจากการกินกำลังงานอย่างมากในเนื้อเยื่อนั้น หาได้

จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$P = \rho v I_d^2 \quad (3.17)$$

โดยที่

P = กำลังงาน เป็น วัตต์

ρ = ความต้านทานของเนื้อเยื่อ

V = ปริมาตร

I_d = ความหนาแน่นกระแส ในหน่วย แอมแปร์ ต่อตารางเมตร

ตัวอย่าง จงคำนวณ การใช้จ่ายกำลังงานใน 0.2 m^3 ของเนื้อเยื่อที่มีความต้านทาน $1.6 \times 10^3 \text{ } \Omega\text{-m}$ ถ้าความหนาแน่นกระแส เท่ากับ 0.36 A/m^2

Solution

$$P = (1.6 \times 10^3 \text{ } \Omega\text{-m})(0.2 \text{ m}^3)(0.36 \text{ A/m}^2)^2$$

$$P = (1.6 \times 10^3 \text{ } \Omega\text{-m})(0.2 \text{ m}^3)(0.13 \text{ A}^2/\text{m}^4)$$

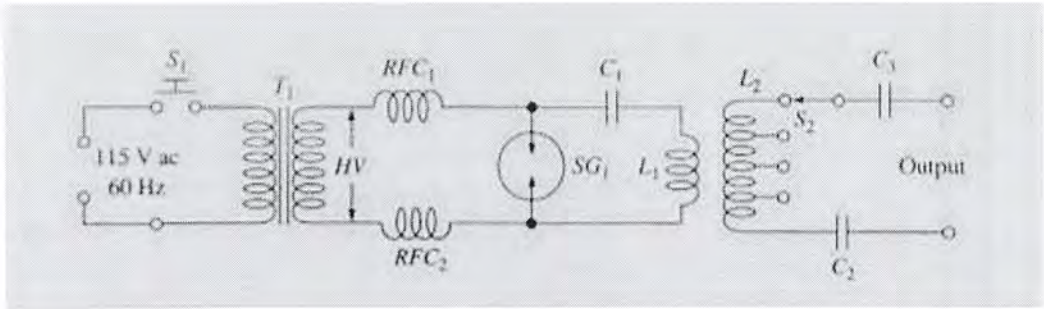
$$P = 41.6 \text{ W ANS}$$

ในบางครั้ง ศัลยแพทย์อาจจะเลือกใช้อิเล็กโทรดแบบไบโพลาร์หรือ 2 ทิศทาง โดยที่ไม่ต้องการใช้พาสซีฟอิเล็กโทรด การระบุตำแหน่งตามความเป็นจริงแล้วนั้น มีบางอย่างที่ผิด เพราะว่าตัวกำเนิดความถี่คลื่นวิทยุทั้งหมด จริงๆแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต้องการสองขั้ว ในระบบยูนิโพลาร์อิเล็กโทรด เป็นแบบแอกทิฟและแบบพาสซีฟ ถูกอธิบายได้โดยง่าย ในระบบไบโพลาร์ ระบบทั้งสองจะมีทางออกสองทาง ของ ตัวกำเนิดคลื่น ที่ติดอยู่กับคัมจับเพื่อให้ศัลยแพทย์ได้ใช้งาน ความหนาแน่นกระแสของอิเล็กโทรดทั้งสองค่อนข้างจะสูง

3.13.1. วงจร ของการสลายกรรมด้วยมีดไฟฟ้า

เครื่องผ่าตัดด้วยมีดไฟฟ้าอันแรกนั้น ถูกพัฒนามาจากอิธาร์ เมื่อมีการสปากของ gap หมายความว่าเกิดการกำเนิดคลื่น RF ที่สำคัญที่ใช้ในเรื่อ สถานีวิทยุเทเลกราฟ และวิทยุสมัครเล่น เครื่องสลายกรรมด้วยมีดไฟฟ้าเครื่องแรกนั้นใช้เทคโนโลยีของ spark-gap ดังในรูปที่ 3.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงเครื่องกำเนิดความถี่วิทยุที่ช่องว่าง

แม้ว่าเทคโนโลยีของโซลิตสแตทสมัยใหม่นั้นมาแทนที่เทคโนโลยี spark - gap และรูปแบบของหลอดสุญญากาศหมดแล้ว เทคโนโลยี spark-gap ก็เป็นจำนวนมากที่ยังคงมีให้บริการอยู่และน่าจะมีใช้งานอีกหลายปี

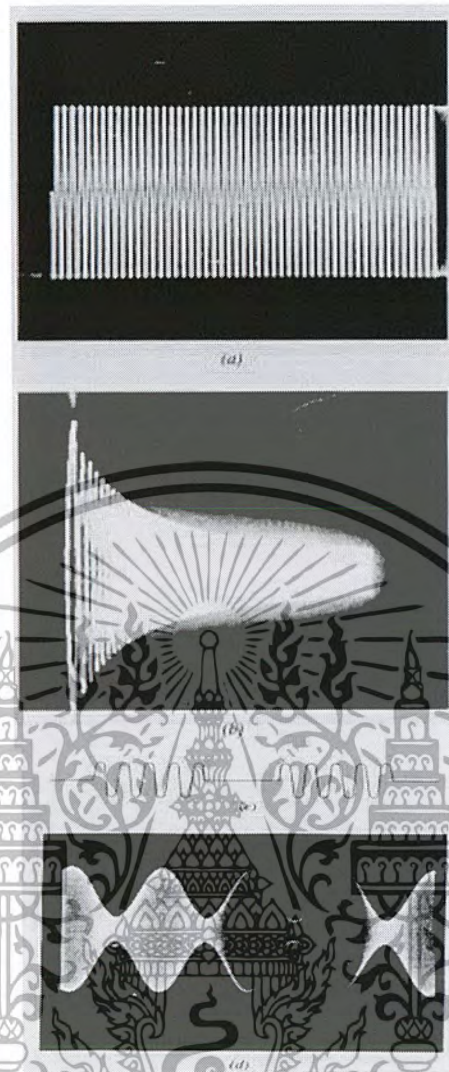
ในรูปที่ 3.8 นั้น แสดงให้เห็นถึงวงจรของ spark-gap วงจรนี้เป็นวงจรรูปแบบทั่วไปในต้นปี 1980 แต่ได้มีการเลิกใช้ไปเรียบร้อยแล้ว นอกจากนี้ในกลุ่มของนักฟิสิกส์ และใช้ในคลินิกสัตว์แพทย์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ค่อนข้างล้าสมัยแล้ว โดยจะประกอบไปด้วยแรงดันไฟฟ้าสูง ความถี่ 60 Hz ชนิดไฟสลับ หม้อแปลงไฟฟ้า T_1 , spark-gap (SG_1) และความต้านทานเหน็บ (C_1/L_1)

หม้อแปลง T_1 นั้น เพิ่มแรงดันโวลต์เตจ เป็นไฟฟ้าสลับ 115 โวลต์ เพิ่มทำให้เกิดโพเทนเชียลระหว่างจุดทั้งสองของ spark-gap (ประมาณ 0.006 in ของอากาศ) ตัวเจเนอเรเตอร์ ใช้ศักย์ไฟฟ้าประมาณ 2000- 3000 V

เมื่อช่อง gap เริ่มต้นที่จะเกิดการ arc ก็จะเกิดการแกว่งขึ้น ในส่วนของ RF กระแสนี้เกิดการอสซิลเลชันโดย วงจรเหน็บ (C_1/L_1) ซึ่งต่อทางเอาต์พุตของวงจร โดยตัวเหน็บ (L_1/L_2)

ระดับกำลังงานไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตที่เข้าไปยังผู้ป่วยนั้นถูกเลือกโดยสวิตช์ S_2 ซึ่งต่ออยู่กับแอกทีฟโอเล็กโทรด ซึ่งต่างจากแท็บ บนตัวเหน็บ L_2 ในการออกแบบแรงดันไฟฟ้า spark-gap จะผลิตกำลังงานไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต ในระดับระหว่าง 25 w ถึง 100 w

สเปกตรัมความถี่ ถูกผลิตโดยตัวกำเนิด spark-gap ซึ่งเกี่ยวกับความถี่ของ L_1/C_1 แต่มีความสำคัญในส่วนประกอบที่ถูกบรรจุอยู่ดังในรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงรูปคลื่นของเครื่องสัณยกรรมด้วยมีดไฟฟ้า (a) สัญญาณตัดรูปไซน์ (b) สัญญาณรูปแคมป์ (c) สัญญาณตัดตรง (d) รูปคลื่นเมื่อนำมาผสมกัน

ที่ความถี่ถูกถอดออกจากจุดศูนย์กลางความถี่ สัญญาณ spark-gap 500 kHz ที่สามารถได้ยินจากเครื่องรับวิทยุ ในระดับ VHF

RF chokes (RFC_1 and RFC_2) ถูกใช้เป็นตัวป้องกันพลังงาน RF ที่เข้ามาไปเข้าแหล่งจ่ายไฟตามเส้นการแพร่ของพลังงาน บางโมเดลได้ลบ RF chokes แต่ใช้ตัวเก็บประจุแทนที่โดยขนานกับขดทุติยภูมิของ T_1

หลักการของตัวกำเนิด spark gap เป็นการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นก้อนหนืด หรือ ทำให้เกิดการจีเพื่อทำลายเนื้อเยื่อ ของแผลผ่าตัด เครื่องส่วนใหญ่จะใช้ 2 โหมด คือ ดัด และเปลี่ยนจากของเหลว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นก้อน โดยสามารถเลือกได้จาก footswitch ในรูปที่ 3.9 a ในโหมดของการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นก้อนหนืด ที่ผลิตรูปคลื่น spark-gap , แคมป์ ออสซิลเลชัน ในรูปที่ 3.9 c โดยเทคโนโลยีนี้ถูกใช้ในการกำเนิดสัญญาณ

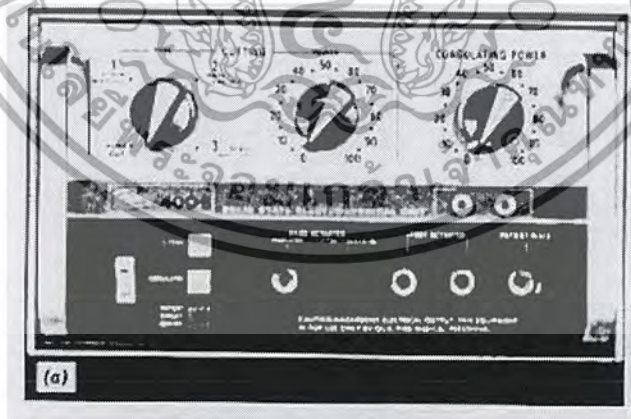
รูปคลื่นในรูปที่ 3.9 d เป็น cut waveform ที่ผลิตมาจากเครื่องโดยไม่มีการใช้ฟิลเตอร์กรอง เพื่อให้สัญญาณเรียบขึ้นในวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแรงสูงกระแสตรง โดยดูได้จากรูป

3.13.2. วงจรกำเนิด (generator) ของเครื่องมือผ่าตัดด้วยมีดไฟฟ้าแบบ Solid-state

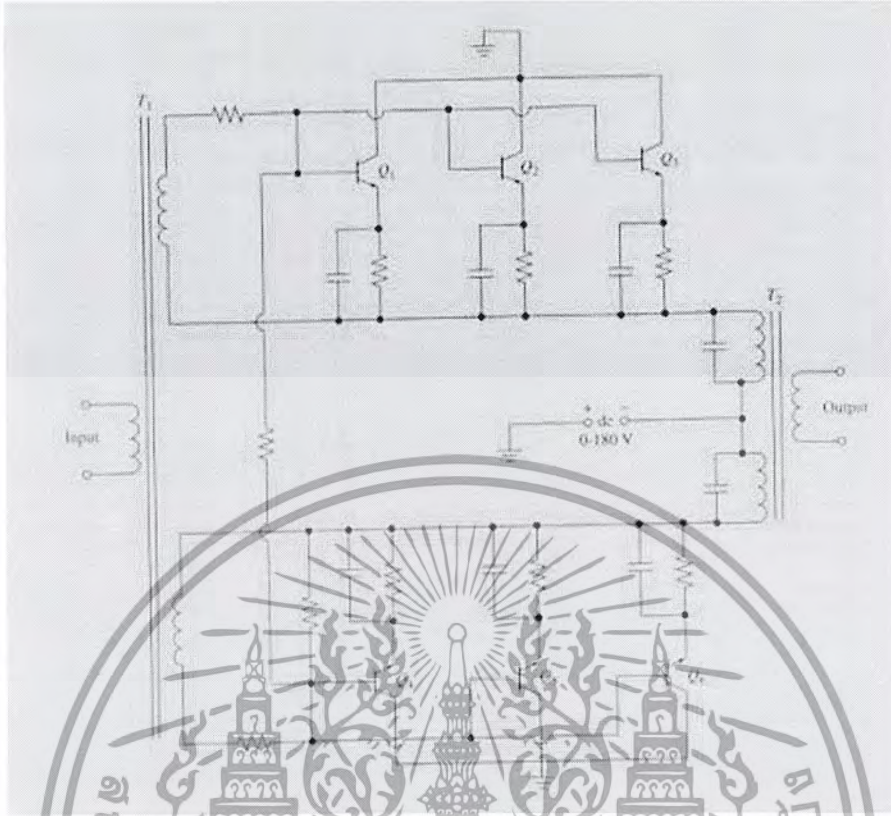
เทคโนโลยี โซลิตสแตท มีความก้าวหน้าไปถึงจุดหนึ่งในหลายปีที่ผ่านมา เมื่อเครื่องมือผ่าตัดที่ติดตั้งด้วยทรานซิสเตอร์ ถูกผลิตขึ้นด้วยเหตุผลทางด้านราคา ตัวอย่างในรูปที่ 3.10 โดยในทุกวันนี้ เครื่องมือทั้งหลายที่ใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นรูปแบบของโซลิตสแตททั้งหมด

วงจรโซลิตสแตทตัวขยายกำลังงานไฟฟ้า RF ดังแสดงในรูปที่ 3.11 นี้เป็นพื้นฐานของการออกแบบ คล้ายๆกับ การออกแบบเพาเวอร์แอมป์ วงจรเป็นแบบพหุคูณแบบขนาน นี้มี 2 แบนด์จาก 3 ทรานซิสเตอร์ ในแต่ละอัน (Q_1 , Q_2 และ $Q_3 - Q_4$) ตัวทรานซิสเตอร์ ในแต่ละแบนด์ ต่อแบบขนาน ขณะที่อีกสอง แบนด์ต่อแบบพหุคูณ ตัวหม้อแปลงถูกใช้สำหรับการคัปปลิง ทางด้านอินพุตและเอาต์พุต โดยเป็นรูปร่างแบบทอรอยด์แบบแกนเฟอร์ไรท์ เทคนิคนี้ถูกนำเสนอมากกว่าแบบอื่น เพราะว่ารูปร่างของทอรอยด์จำกัดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดบริเวณใกล้เคียงจากการพันในหม้อแปลง

สัญญาณ RF ถูกสร้างขึ้นจากตัววงจรออสซิลเลเตอร์ในรูปที่ 3.12 เมื่อ



รูปที่ 3.10 เครื่องจีไฟฟ้า



รูปที่ 3.11 วงจรขยายกำลัง

ทรานซิสเตอร์ Q_1 ถูกให้ฟอร์เวิร์ดไบแอส มันก็จะเกิดการออสซิลเลทหรือกำเนิดความถี่ RF โดยคำนวณได้จากค่าคงที่ในวงจร

ทรานซิสเตอร์ Q_2 ทำงานเป็น สวิตช์ควบคุม Q_1 เมื่อ Q_2 ทำงาน จากนั้น กระแสไบแอสสำหรับ Q_1 ถูกปล่อยลงกราวด์ เป็นเหตุให้ Q_1 เป็นฟอร์เวิร์ดไบแอส และทำการออสซิลเลชัน ใน cut โหมด Q_2 ยังคงเป็นฟอร์เวิร์ดไบแอส เอาท์พุทที่เกิดการออสซิลเลเตอร์เป็นสัญญาณ ไซน์เวฟ แต่ในโหมดการเปลี่ยนจากของเหลวเป็นก้อนหนึ่งคั่นนั้น มีการใส่รูปคลื่นสี่เหลี่ยมเข้าไปใน Q_2 เป็นเหตุให้มีการสวิตช์และเกิดการนำไฟฟ้าขึ้น โดยดูได้จากรูป 3.12 b

ในโรงงานอุตสาหกรรมใช้เทคนิคที่แตกต่างกันแต่ส่วนใหญ่จะใช้ chopped sine wave เทคนิคดังแสดงในรูปที่ 3.12

3.13.3.ความปลอดภัยของเครื่องมือผ่าตัดด้วยมิดไฟฟ้า

เครื่องมือผ่าตัดด้วยมิดไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่มีการใช้กำลังงานไฟฟ้า RF สูง ที่จะทำการรักษาผู้ป่วยซึ่งจะดูเหมือนใช้มากเกินไป เพราะฉะนั้นเครื่องมือนี้ก็ต้องพิจารณาถึงความปลอดภัยด้วยเช่นกัน

เนื่องการอาจจะเกิดอันตรายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนใหญ่ปัญหาเกิดการบาดเจ็บของผู้ป่วยในด้านการใช้งานที่ไม่ตรงจุดที่เหมาะสมของร่างกาย บางทีปัญหาส่วนใหญ่ที่ควรพิจารณาและคำนึงถึงซึ่งจะเกิดขึ้นกับผู้ป่วย โดยถ้าอ้างอิงจาก 3.9 ที่ทำการเผา patient



รูปที่ 3.12 คำเน็ดสัญญาณ (a) วงจร (b) รูปคลื่นตัดและห้ามเลือด

plate ซึ่งอาจจะแก้ปัญหาได้โดยทำให้ความหนาแน่นของกระแสย่อย ถึงอย่างไรก็ตาม ในการกำหนดจุดที่จะใช้งานนั้น เหนือ กระจกที่นูนออก แทนที่จะเป็นในส่วนที่มีเนื้อมากอย่างเช่นก้อนหรือคันทาของผู้ป่วย ในช่วงที่เป็นกระจกแข็งด้วยเหตุนี้ จึงต้องทำการลด ค่าอิมพีแดนซ์และเพิ่มค่าความหนาแน่นกระแส

ปัญหาที่เกิดกับผู้ป่วยอาจจะทำให้ผู้ป่วยเกิดเป็นแผลเป็นบริเวณผิวหนังได้ ดังนั้น เพลทต้องมี การออกแบบมาอย่างสมบูรณ์แบบที่สุด ความผิดปกติบนผิวหนังสามารถที่จะแก้ไขได้โดยการเพิ่ม ความหนาแน่นกระแสซึ่งเป็นสาเหตุของการไหม้ ในกรณีทั้งหมดความเสียหายที่เกิดจากเพลทผู้ป่วยนั้น ควรที่จะทิ้งแทนที่จะทำการซ่อมดั่งนั้นประสิทธิภาพที่จะทำการซ่อมแซมนั้น ไม่สามารถกลับมา

เหมือนเดิมได้ เอกสารนี้เขียนขึ้นเพื่อที่จะส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เจลดนำไฟฟ้า หรือ แป้งเปียก ถูกใช้ในการลดการเผาไหม้ของแลผู้ป่วย เจลนี้จากทาบบริเวณผิวของผู้ป่วยเนเดียวกับในการใช้กับ ECG และ defibrillator electrodes

กระบวนการทั้งสามสำหรับการจีแลผู้ป่วยนั้นน่าสนใจสำหรับกราวด์ path โขคคิที่เครื่องมือส่วนใหญ่มีการต่อลงกราวด์ โดยปกตอแบบที่ใช้จะติดกับโครงช่วงล่าง ซึ่งกลับทำให้ ac power ลงกราวด์ ถ้าเกิดว่าจุดบนตัวผู้ป่วยถูกใช้เป็นกราวด์ ซึ่งจะมีความต้านทานที่ต่ำ กระแสหลักควรจะกลับไปลงกราวด์ ถ้าหากกระแสผ่านเข้าไปในจุดที่เป็นกราวด์ ซึ่งสูงเพียงพอ การเผาไหม้ก็จะเกิดขึ้นนั่นเอง

อันตรายที่จะเกิดกับสัลยแพทย์ในการใช้เครื่องสัลยกรรมด้วยมิดไฟฟ้า ซึ่งเกิดขึ้นได้น้อยมาก แต่ก็อาจมีอันตรายซึ่งอาจเกิดขึ้นได้ การผ่าตัดเวลานานๆควรมีการตรวจสอบหลังจากมีประสบการณ์ที่ได้สัมผัสมาแล้ว

มีความเป็นไปได้สำหรับการเกิดความเสียหายอย่างรุนแรงที่จะเกิดจากไฟฟ้าช็อต ถ้าเกิดถ้ามีของเหลวหกกลงไปในเครื่อง ดังนั้นต้องป้องกันของเหลวหกหล่นไปในเครื่องมือ อันจะทำให้เกิดความเสียหายและอันตรายได้ ของเหลวยกตัวอย่างเช่น พวก สารละลายที่ใช้ในการผ่าตัดต่าง ๆ หยดเลือด น้ำยาใส่แผล เป็นต้น ซึ่งจะมีอยู่ในห้องผ่าตัด

เมื่อมีการทดสอบเครื่องมือผ่าตัดในห้อง Lab ต้องทำให้แน่ใจว่าสามารถป้องกันการบาดเจ็บได้ในหัวข้อที่ผ่านมา เราได้อธิบายการทดสอบและขั้นตอนและบรรทัดฐานในการตรวจสอบ เพื่อที่จะลดการเกิดกระแสไฟฟ้าช็อตในเครื่องมือผ่าตัดได้ หรือเกิดการไหม้ ในทั่วไป อย่างไรก็ตาม สามัญสำนึกจะเป็นตัวบ่งบอกเพื่อที่จะหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าว

3.13.4. การทำการทดสอบเครื่องสัลยกรรมด้วยมิดไฟฟ้า

การทดสอบเครื่องสัลยกรรมด้วยมิดไฟฟ้านี้จะทำการทดสอบ โดยใช้เนื้อัววโดยที่จะใช้เครื่องตัด ออกเป็นชิ้น เทคนิคนี้ถูกใช้โดยทั่วไปกับพนักงานขายผู้ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ดูน่าสนใจและน่าตื่นตา แต่วิศวกรและช่างทั่วไปจะต้องมากกว่าวัตถุประสงค์ดังกล่าวและขั้นตอนของการทดสอบ

ผู้ผลิตทั้งหมดไม่ว่าจะเป็นเครื่องมือผ่าตัดด้วยมิดไฟฟ้าขนาดกลางหรือขนาดใหญ่ นั้น แนะนำให้มีการทดสอบดังในรูปที่ 3.13 a เพื่อที่จะตรวจสอบสัญญาณความถี่วิทยุทางด้านเอาท์พุท ในการทดสอบนี้ใช้โหลด R_L เพื่อทำการจำลองเป็นผู้ป่วย และ RF แอมมิเตอร์ เพื่อที่จะวัดค่ากระแสที่จ่ายเข้าไปใน R_L ซึ่งในที่นี้เราเปรียบเทียบว่าเป็นเสมือนผู้ป่วย ค่าความต้านทานควรจะมีค่าระหว่าง 200 และ 500 โอห์ม โดยการกำหนดจากโรงงานผลิต universal test box ควรมีค่าความต้านทาน 500 โอห์ม แม้ว่าอาจจะไม่เหมือนกับลักษณะของกระแสเอาท์พุทที่จ่ายไปโดยโรงงานผลิต ในกรณีนี้เป็นค่าที่ยอมรับโดยทั่วไปเมื่อเครื่องอยู่ในสภาพการทำงานที่ดี ค่าในมิเตอร์ ควรมีค่าประมาณ 0 – 1.5 หรือ 2 A สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำลังงานในระดับสูงในย่านเต็มสเกล และ 0 – 500 mW สำหรับกำลังงานในระดับต่ำ ซึ่งเป็นกรณีทั่วไป แม้ว่าจะต้องเป็นมิเตอร์แบบเทอร์โมคัปเปิล RF แอมมิเตอร์

เมื่อสร้างและทำการทดสอบดังรูป 3.13a หรือ วงจรอื่น การดูแลต้องทำการป้องกันการคับปลิงระหว่างคลื่นความถี่วิทยุ กับ ตัวซิลิค์โลหะ ถ้าหากทำการปิดด้วยวัสดุที่เป็นโลหะ แล้วมิเตอร์ควรจะเป็นพลาสติก ซึ่งจะติดอยู่กับแผงหน้าปัด อย่างน้อยครั้งหนึ่ง Thermocouple RF ammeter ซึ่งเป็นค่า RMS ซึ่งทำเป็นในรูปของระดับเอาท์พุท อุปกรณ์ peak-reading จะถูกใช้ในบางครั้ง แต่ว่าจะอยู่ในรูประดับเอาท์พุทจริงเท่านั้นเมื่อคลื่น ไซน์เวฟ คับ โหมมด ถูกใช้ หรือ เมื่อระดับทำการเทียบกลับ เป็น RMS อย่างไรก็ตาม เราจะพบว่ามิมีปัญหาหลักสองอย่างกับ Thermocouple RF ammeter ซึ่งค่อนข้างที่จะไม่มีความเป็นเชิงเส้น มันเป็นสเกลที่ถี่เกินไปในย่านต่ำจึงทำให้อ่านยาก เนื่องจากมีการเคลื่อนระหว่าง 1.5 – 2A ทำให้จำเป็นต้องมีสองมิเตอร์ ในย่านที่ต่างกัน



รูปที่ 3.13 ตัวทดสอบเอาท์พุท (a) หม้อแปลงทางเอาท์พุท (b) ตัวแบ่งแรงดัน (c) หม้อแปลงกระแส

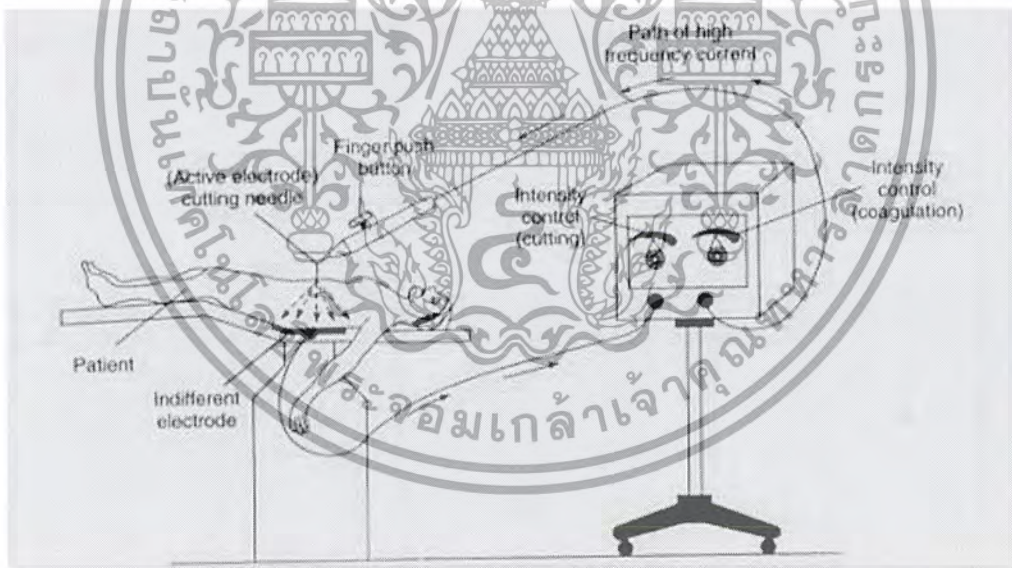
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หม้อแปลงในรูปที่ T, ในรูปที่ 3.13a ถูกใช้เป็นตัวอย่างสำหรับรูปคลื่น RF ซึ่งแสดงใน ออสซิลโลสโคป แต่มันอันตรายที่จะทำการต่อออสซิลโลสโคปโดยตรง ไปยังโหลด นอกจากจะใช้ สายโพรบ ดังนั้นกระแสหม้อแปลง ทอรอยด์ ถูกใช้ ดูจากรูปคลื่นในสโคป

อย่างน้อยความแตกต่างในกล่องทดสอบ แสดงในรูปที่ 3.13 b วงจรนี้ใช้ความต้านทานแบบ แบ่งแรงดัน R_2/R_3 และไดโอดเรียงกระแส D, เพื่อที่จะทำการพัฒนาให้เป็นกระแสตรงและเพื่อขับ กระแส 0 – 1 mA วงจรนี้จำเป็นที่จะเปรียบเทียบกับ วัดที่ เท่านั้น โดยการเปรียบเทียบเป็นค่า rms อย่างเช่น Thermocouple RF ammeter

วงจรถูก peak-reading อื่น ๆ ที่เจอเป็นส่วนใหญ่มักแสดงในรูป 3.13c วงจรนี้เป็นหม้อแปลง กระแสแบบทอรอยด์ กับการพันสองรอบ รอบหนึ่งต่อกับ J_3 สำหรับแสดงรูปคลื่นจากออสซิลโลสโคป ขณะที่อุปกรณ์อื่นทำการขับ de meter ซึ่งผ่านไดโอดเรียงกระแส ในวงจรรูปที่ 3.13c เป็นวงจรที่มี ประโยชน์ในการใช้ทดสอบเครื่องมือผ่าตัดมีดไฟฟ้า ในระดับกำลังงานต่ำ

3.14. การศัลยกรรม โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อ



รูปที่ 3.14 การใช้งานเครื่องจี้ไฟฟ้า

พื้นฐานโดยทั่วไปของเครื่องศัลยกรรม โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อ ประกอบด้วยตัวออสซิลเลทกำลังงานความถี่สูง ชนิดของเครื่องศัลยกรรม โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อ ง่ายๆ ทั่วไป ประกอบด้วย spark-gap oscillator ในทางตรงข้ามกระแสในความเป็นจริงจะใช้ หลอดคิเล็กตรอน สูญญากาศหรือ โซลิตสแตท ออสซิลเลเตอร์ โดยส่วนใหญ่จะมี ตัวกำเนิด RF และ ตัวกำเนิด spark-gap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

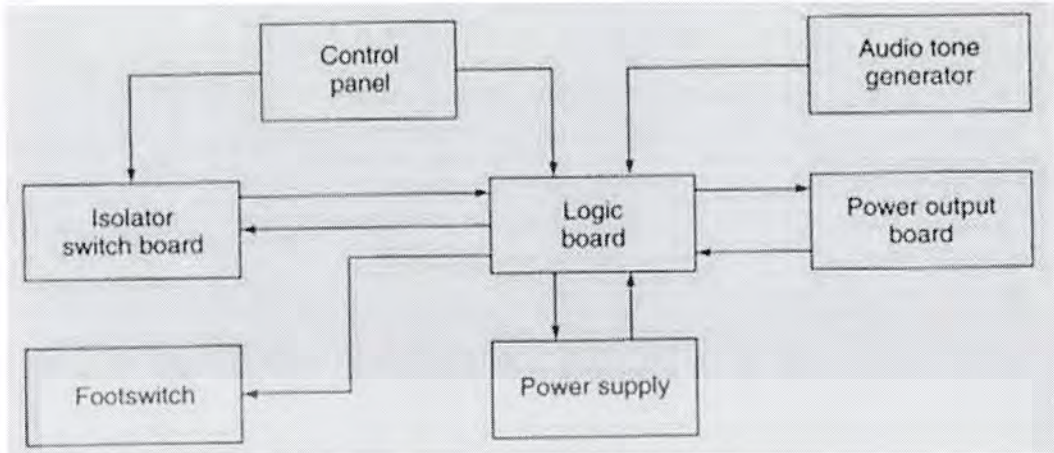
ตัวกำเนิด RF ทำให้เกิด undamped ของกระแสในความถี่สูง (ปกติ 1.75 MHz) ซึ่งเหมาะสมกับการทำการผ่าตัดที่สะอาด ตัวกำเนิด spark-gap จะผลิตกระแส damped ความถี่สูง ซึ่งเหมาะสมกับการจับตัวหรือเป็นลิ้มสำหรับเนื้อเยื่อโดยทั่วไป การผสมของกระแสทั้งสองนี้ ความสำคัญอันหนึ่งก็คือความเป็นไปได้ในการผ่าตัดด้วยไฟฟ้า โดยการผสมกระแสของหลอดและ ตัวกำเนิด spark-gap ระดับหรือขนาดของบาดแผลอาจจะเลือกได้ตามต้องการ

ในขณะที่สเปกตรัมความถี่ ถูกใช้อย่างหลากหลายจากโรงงานผลิต ไปสู่ผู้อื่น พื้นฐานของความสำคัญอันหนึ่งคือต้องการอุณหภูมิสูงในการผ่าตัด ถ้าเป็นไปได้ มากกว่า 1000 องศาเซลเซียส ในด้านของการทำงาน ในทางปฏิบัติ cross-section ที่จะทำการ arc ค่อนข้างที่จะเล็กมาก ๆ และผลของการให้ความร้อนที่ได้สัดส่วนเหมาะสม ซึ่งเป็นกระแสกำลังสอง ผลทำให้มีความจำกัดการ arc ปัจจัยอื่นที่มีผลกระทบในการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิซึ่งเป็นองค์ประกอบของเนื้อเยื่อ และขนาดของระบบทำความเย็นที่จัดโดยการไหลเวียนของเลือด หรือจากระบบส่งผ่านความร้อนอื่นๆ

ถึงอย่างไรก็ตามความเป็นจริงแล้วเครื่องศัลยกรรม โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อมีการใช้มากกว่าครึ่ง ศตวรรษ การพัฒนาเทคโนโลยีมีความสำคัญ โดยเกิดขึ้นในอดีตเท่านั้น ตัวกำเนิดแบบโซลิตอสเตท ได้เข้ามาแทนที่หลอดสูญญากาศและ spark-gap อย่างมากมาย อิเล็กโทรดแบบใช้แล้วทิ้งเป็นการใช้อย่างกว้างขวางเป็นแผ่นโลหะขนาดใหญ่ จำนวนของคุณลักษณะในการออกแบบทำให้มีความปลอดภัยมากขึ้น คุณสมบัตินี้รวมถึงวงจรที่หลากหลายหน้าจอสองผลต่าง ๆ

ความถี่ที่ใช้งานของเครื่องศัลยกรรม โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อ ที่เป็นโซลิตอสเตท คือ 250 kHz ถึง 1 kHz มันจะส่งกำลังงาน 400 W ในโหลด 500 โอห์ม ที่ 2000 โวลต์ ในโหมดของการตัดและ รว ๆ 150 W ในการทำให้เลือดเป็นลิ้ม ในกระบวนการของการทำให้เลือดเป็นลิ้มนั้น จะเกิด ในระหว่าง 10-15 วินาที และการทำซ้ำของความถี่ 15 kHz

ในรูปที่ 3.15 แสดงให้เห็นถึงบล็อกไดอะแกรมของ เครื่องศัลยกรรม โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อ หัวใจในการทำงานของระบบคือระบบลอจิก และ ส่วนควบคุม ซึ่งจะผลิตสัญญาณพื้นฐานทั่วไป เพื่อเตรียมไว้ในการทำการผ่าตัด การทำให้เลือดเป็นลิ้มหรือการห้ามเลือด และการทำงานในโหมดห้ามเลือด astable multi-vibrator ผลิตความถี่ 500 kHz แสคร์ พัลส์ สัญญาณเอาต์พุตจากตัวออสซิลเลเตอร์นี้แบ่งความถี่โดยการใช้ไบนารีเคาท์เตอร์ ความถี่นี้ซึ่ง ถูกใช้เหมือนกับ



รูปที่ 3.15 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องจีไฟฟ้า

สัญญาณในระบบ สัญญาณความถี่ 250 kHz ที่เตรียมไว้สำหรับถาวรตัด ที่ออกทางวงจรเพาเวอร์ ความถี่ 15 kHz ผลิต้อตราซ้ำ 3 cycle ของ 250 kHz ซึ่งทำให้เลือดเป็นลิม โดยพลัสสวิทช์ทางออกเรากำหนดที่ 12 ไมโครวินาที

สัญญาณความถี่ 250 kHz ถูกใช้ในการตัดเนื้อเยื่อโดยการให้กำลังงานไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุต ที่เป็นการทำงานจากตัวทรานซิสเตอร์กำลังที่ค่อนข้างนานแบบพฤษภาคม ตัวขยายกำลังงานทางด้านเอาต์พุตนี้ ได้กำลังงานมาจากหม้อแปลงซึ่งซึ่งต่อแบบสเต็ปอัพและแยกออกสำหรับสัญญาณทางด้านเอาต์พุตของเครื่อง เพื่อที่เราต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงต้องมีทรานซิสเตอร์ ถึง 20 ตัวถูกใช้ค่อนข้างนานแบบคาร์ลิ่งตัน อย่างไรก็ตาม วงจรขยายกำลังงานทางด้านเอาต์พุตสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงตามความเหมาะสม ในทางการค้า เครื่องมือที่ทันสมัยนั้น จะใช้ทั้งไบโพลาร์จังก์ชันทรานซิสเตอร์ และ มอสเฟต โดยการต่อแบบคาสเคด หรือต่อแบบบร็องจ์ของมอสเฟต

เพื่อที่จะให้มีการทำงานที่ง่ายขึ้นนั้น เราต้องมีการแยกการทำงานในแต่ละโหมด เครื่องสามารถรวมเครื่องกำเนิดโทนเสียงเข้าด้วยกัน สัญญาณโทน ถูกส่งจากตัวเคาท์เตอร์ ที่ 1 kHz สำหรับการทำให้ของเหลวกลายเป็นลิม และ 500 Hz สำหรับการตัด และ 250 Hz สำหรับการห้ามเลือด ตัวสวิทช์ไอโซเลเตอร์ เตรียมการควบคุมการสวิทช์ระหว่าง สวิทช์ทำงาน และ ตัวหยุดการทำงาน ออสซิลเลเตอร์ กำลังงานหม้อแปลงคัปเปิลความถี่สูง ถูกใช้ในการไอโซเลท เอาต์พุต เพื่อที่จะผลิต แรงดันไฟฟ้า กระแสตรง นี่เป็นการจัดการการขัดจังหวะทางด้านเอาต์พุตถ้าหากเราต้องการ

วงจรการทำงานขั้นพื้นฐาน วงจรโลจิกถูกใช้เพื่อรับสัญญาณควบคุมจากภายนอกและ ทำงานเป็นไอโซเลทติ้งรีเลย์ โดยให้แสดงเสมือนจริง และ คำนวณ สถานะปลุกเตือน วงจรโลจิก รับข้อมูลมาจากสวิทช์ที่เท้า และ สวิทช์ที่มือ เพื่อที่จะเป็นจุดตรวจสอบการเตือน ตัวเทอร์โมสแตทบางครั้งมีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดตั้ง ติดกับตัวระบายความร้อนของเพาเวอร์แอมป์ ในกรณีนี้อุณหภูมิเกินกว่า มันจะกลายเป็น การเปิดวงจร และทำการส่งสัญญาณ และขัดจังหวะทางด้านเอาต์พุต

วงจรทางด้านเอาต์พุต ของเครื่องสัณยกรรม โดยการสร้างความร้อนในเนื้อเยื่อ โดยทั่วไปนั้นมีการไอโซเลทและต้องระมัดระวังจากขดปฐมภูมิด้านความถี่ต่ำและขดแรงดันทุติยภูมิ ตัวเก็บประจุที่ทำหน้าที่ในการกั้นและป้องกัน ความถี่ต่ำจากการปรากฏตัวทางด้านเอาต์พุตของวงจร และการไอโซเลททางด้านเอาต์พุตเป็นการลดความเป็นไปได้ในการที่จะเผาไหม้เนื่องจากสัณยกรรมทำงานลงกราวด์ ในเรื่องของไฟฟ้าช็อตในระหว่างการทำการผ่าตัดนั้น ก็ต้องทำให้เกิดเป็นมาตรฐานในการกำหนดพลังงานทางด้านความถี่สูงให้ถูกต้อง ที่รอยต่อของแอกทีฟอิเล็กทรอนิกส์ โทรด และเนื้อเยื่อในการ arc โดยอันตรายที่เกิดขึ้นนั้นอาจเกิดได้จากที่ผู้ใช้ไปสัมผัสกับโลหะ และทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายจนทำให้ไฟฟ้าช็อตได้ จึงควรหลีกเลี่ยงที่จะสัมผัสกับจุดเหล่านั้น

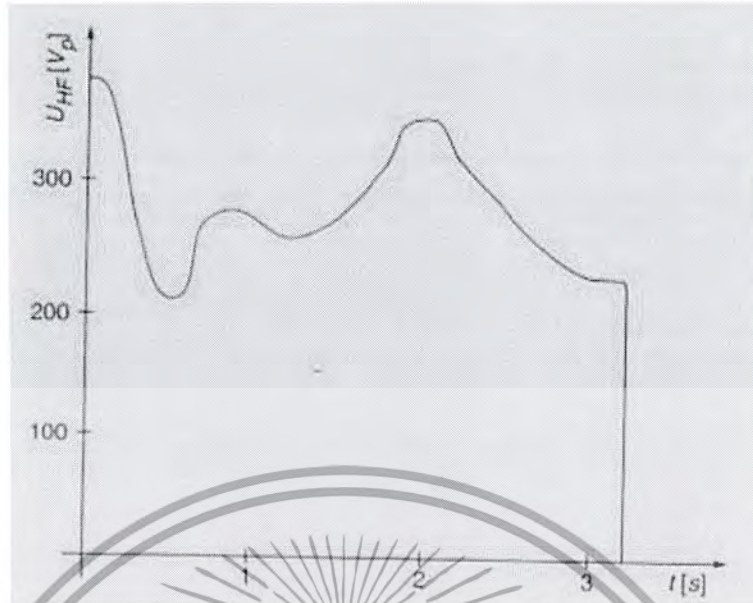
อุปกรณ์โซลิตสเททส่วนใหญ่ นั้นเป็นการรวมเข้าด้วยกันอย่างอิสระ กับ ไบโพลาร์ RF เจเนอเรเตอร์ สำหรับการผ่าตัดขนาดเล็ก รูปคลื่นทางด้านเอาต์พุต เป็นสัญญาณไซน์แบบแอมป์ที่มีความถี่ 30 kHz กำลังงานไฟฟ้าที่ความต้านทาน 300 โอห์ม ประมาณ 200 W ซึ่งเป็น peak to peak โวลท์ ประมาณ 1500 V วงจรเปิด

3.14.1. ระบบสัณยกรรมด้วยไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ

พิจารณาในรูปที่ 3.16 เป็นการแปรผันของเอาต์พุต โวลท์เตจในคาบเวลา 3 วินาที ของการตัด ทำให้ระบบมีการแปรผันจึงเป็นปัญหาตามปัจจัยดังนี้

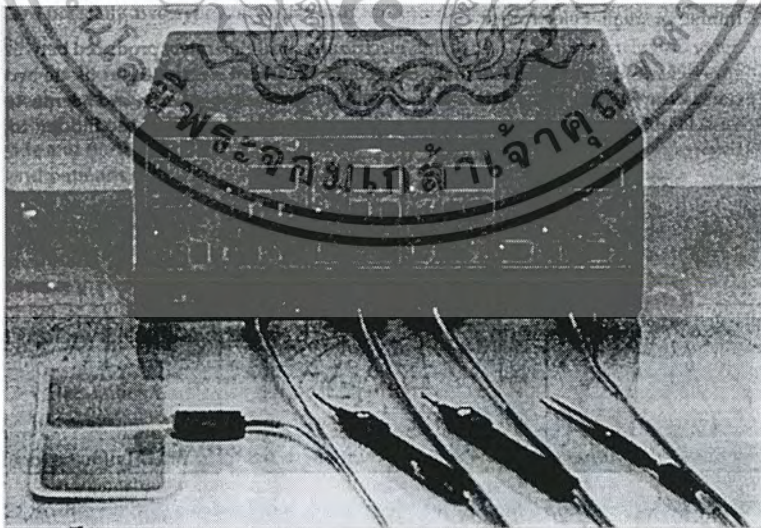
- ขนาดและรูปร่างของอิเล็กทรอนิกส์ สภาพและความแตกต่างของตัวเจเนอเรเตอร์ ตัวอย่างเช่น การตัดที่ถูกแสดงกับอิเล็กทรอนิกส์ โทรดบนพื้นผิวที่ใหญ่
- ชนิดและความเร็วของการตัด คุณภาพของการตัดคำนวณได้ด้วยความเร็วกับการที่อิเล็กทรอนิกส์ เคลื่อนที่ ช้าหรือเร็ว และชนิดของการตัด ว่าเป็นแบบต้นหรือลึก
- คุณสมบัติของเนื้อเยื่อที่แตกต่างกัน เนื้อเยื่อด้วยตัวของมันเองและจะมีลักษณะแข็ง ยกตัวอย่างเช่น ในเนื้อเยื่อที่มีความต้านทานสูง เช่นตรงส่วนที่มีไขมันมาก เอาต์พุต โวลท์เตจก็ จะเพิ่มขึ้นเข้าไปในเนื้อเยื่อซึ่งในเนื้อเยื่อที่มีความต้านทานทางไฟฟ้าต่ำนั้นเช่น เส้นประสาท และ หลอดเลือด เอาต์พุต โวลท์เตจก็จะตกลงดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงผลของความถี่กับระยะเวลาในการจ่ายไฟฟ้า

การเปลี่ยนแปลงทางด้านเอาต์พุตเนื่องจาก ปัจจัยที่เราพิจารณาถึงผลกระทบ ในคุณภาพของ การตัด ที่เวลา เอาต์พุต โวลต์ เตจมีขนาดสูงสุดเกือบ 600 องศาเซลเซียส จะมีการเกิดเป็นคาร์บอนได้ ในทางกลับกัน ถ้าหาก เอาต์พุต โวลต์ เตจต่ำก็จะต่ำกว่า 200 องศา ก็จะไม่สามารถตัดได้เพื่อที่จะทำการ แก้ไขปัญหานี้ เราจะใช้ระบบ ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมระบบอัตโนมัติ เป็นการพัฒนาความเข้มของ เอาต์พุต โวลต์ เตจ ให้มีความคงที่ โดยระบบที่แนะนำ M/S ERBE เป็นเครื่อง มือผ่าตัดของเยอรมันนี้ดัง แสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 เครื่องตัดจี้ไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องนี้ ปรับเปลี่ยน ค่ากระแส ค่าความต้านทานของเนื้อเยื่อ ค่าแรงดันไฟฟ้า และค่าความแรงของการ spark ถูกอ้างโดยความหมายที่ว่าระบบตรวจจับที่ติดตั้งมาข้างในเครื่องนั้นจะเป็นตัวอธิบายสัญญาณทางด้านเอาท์พุท ระบบควบคุมแบบอัตโนมัติ ทำงานบนความแตกต่างของมาตรฐานสองอย่าง

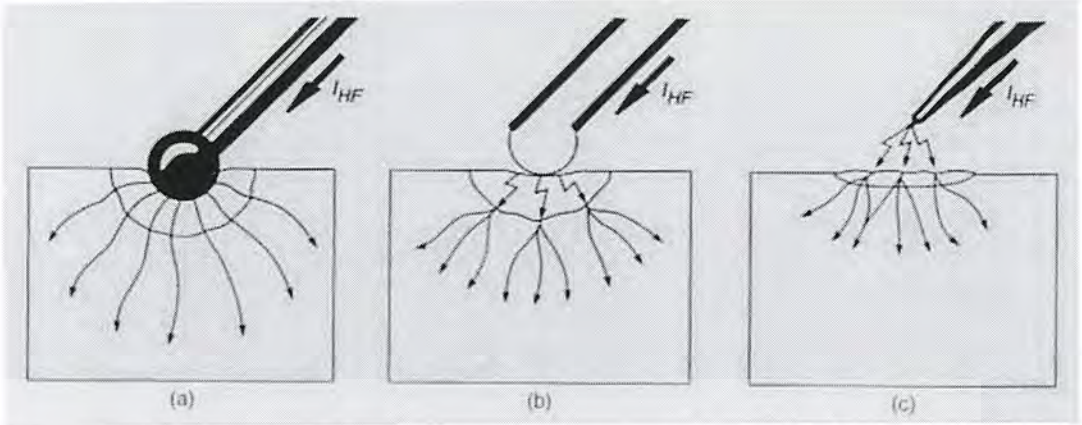
- การควบคุมแรงดัน จะทำการควบคุมแรงดันไฟฟ้าและรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าให้คงที่
- ระบบควบคุมการ spark โดยการเลือกความแรงของการ spark ให้คงที่

การควบคุมความแรงของการ spark นั้นค่อนข้างยุ่งยาก เพราะว่าเป็นธรรมชาติที่ไม่มี ความเสถียรภาพ มีการเปิดเผยถึงตัวแปรอย่างโดยตรงกับความแรงของการ spark และมีการใช้การเลือก ก่อนที่จะทำการงานเพื่อรักษาตัวแปรให้มีค่าคงที่ การออกแบบระบบควบคุมต้องทำให้มั่นใจว่ามี ประสิทธิภาพและเป็นอิสระจากขนาดหรือความรูปร่างของอิเล็กโทรด ชนิดและความเร็วของการตัด และคุณสมบัติที่แปรเปลี่ยนได้ตลอดเวลาของเนื้อเยื่อ

การทำให้มีความแน่ใจว่าระบบในการผ่าตัดมีคุณภาพ โดยการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ควบคุม อีกด้วย กับ โหมดของการเปลี่ยนของเหลวให้เป็นลิม

- soft coagulation ในรูปที่ 3.18 a ไม่มีการผลิตกระแสไฟฟ้า ระหว่างอิเล็กโทรดที่ทำให้เป็น ลิมกับเนื้อเยื่อในระหว่างขั้นตอนการทำให้เลือดกลายเป็นลิม เพื่อป้องกันเนื้อเยื่อจาก การกลายเป็นคาร์บอน อันนี้แนะนำให้อิเล็กโทรดสำหรับการทำให้เลือดเป็นลิมโดยเฉพาะ ในการทำการหยุดเลือด
- Forced Coagulation ในรูปที่ 3.18 b เป็นคุณลักษณะพิเศษโดยความเป็นจริงแล้วนั้นการ arc กระแสไฟฟ้าเป็นความเข้มที่ถูกลำเนิกระหว่างอิเล็กโทรด coagulation และ เนื้อเยื่อ เพื่อที่จะ ให้ความลึกได้มากกว่า soft coagulation โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีการใช้อิเล็กโทรด ที่บางและเล็ก
- Spray Coagulation ในรูปที่ 3.18 c ควรใช้อย่างรอบคอบเพราะในการผลิตระหว่าง อิเล็กโทรด spray กับเนื้อเยื่อเพื่อที่จะสัมผัสโดยตรงระหว่างอิเล็กโทรดกับเนื้อเยื่อ กลายเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็นอีกต่อไป Spray coagulation ถูกใช้ทั้งสองสำหรับพื้นผิว coagulation กับ การห้ามเลือด โดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรง เช่นช่องหรือรอยแยกในกระดูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.18 (a) ห้ามเล็คอย่างเบา (b) ห้ามเล็คแบบบังคับ (c) ห้ามเล็คแบบสเปรย์

เครื่องควบคุมระบบไมโครโปรเซสเซอร์ มีคุณลักษณะมากมายสำหรับความปลอดภัยอย่างเช่น ความผิดพลาดในระบบตรวจสอบ ระบบสัญญาณความผิดพลาด และระบบเก็บค่าความผิดพลาด ถ้าเกิดว่ามีความผิดพลาดเกิดขึ้นระบบจะแสดงผลขึ้นมาทันทีใด และเป็ผลให้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้อย่างรวดเร็ว คุณสมบัติที่หลากหลายของระบบความปลอดภัยซึ่งช่วยลดความเสี่ยงต่ออันตรายที่จะเกิดขึ้นแก่ผู้ป่วยในด้านการผ่าตัดความถี่สูง และผู้ที่ใช้งานกับเครื่องนี้ คุณสมบัตินี้ได้รวมถึงการรั่วไหลในระบบความถี่ต่ำด้วยโดยแสดงผลทางจอมอนิเตอร์ โดยมีจอแสดงผลกระแสวิกเก ความถี่สูง จอแสดงผลความผิดพลาดทางด้านเอาต์พุต ความผิดพลาดจากการผ่าตัด และระบบความปลอดภัยของแท่งอิเล็กโทรด

เครื่องศัลยกรรมด้วยระบบไฟฟ้าสมัยใหม่เป็นเครื่องที่สามารถที่จะทำการโปรแกรมลงไปในระบบได้ ความถี่ และการใช้งานการตั้งค่าอย่างมาตรฐานสามารถที่จะทำการโปรแกรมได้อย่างเรียบร้อย ที่โรงงานผลิตก่อนที่จะส่งถึงมือผู้ใช้ และสามารถที่จะเลือกหรือปรับเปลี่ยนได้ในภายหลังได้โดยง่าย เครื่องบางเครื่องเป็นระบบกำลังงานแบบพิด ที่ส่งสั้นๆหลาย ๆ ก่อนที่จะทำการผ่าตัด เพื่อที่จะเริ่มการ arc จากนั้น กำลังงานเฉลี่ยสามารถที่จะจำกัดความสัมพันธ์ขนาดเล็ก ๆ ได้ ซึ่งจะถูกรับปรุงความเสียหาย ระดับความต่อเนื่องในจอมอนิเตอร์ของค่าโวลต์เตจและกระแส สามารถทำการปรับได้อย่างอัตโนมัติ ภายใต้การควบคุมจากไมโครโปรเซสเซอร์

3.14.2. เทคนิคในการผ่าตัดศัลยกรรมด้วยไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าสามารถที่จะไหลได้เท่านั้น ถ้าหากวงจรสมบูรณ์แบบ ในเทอมของการไหล กระแสมีพื้นฐานสองชนิดของเทคนิคการผ่าตัดศัลยกรรมด้วยไฟฟ้า ก็คือ เทคนิคแบบขั้วเดียว และเทคนิคแบบสองขั้ว

เทคนิคแบบขั้วเดียว: ในเทคนิคแบบขั้วเดียว การไหลของกระแสจากแอคทีฟอิเล็กโทรดที่ผ่าน

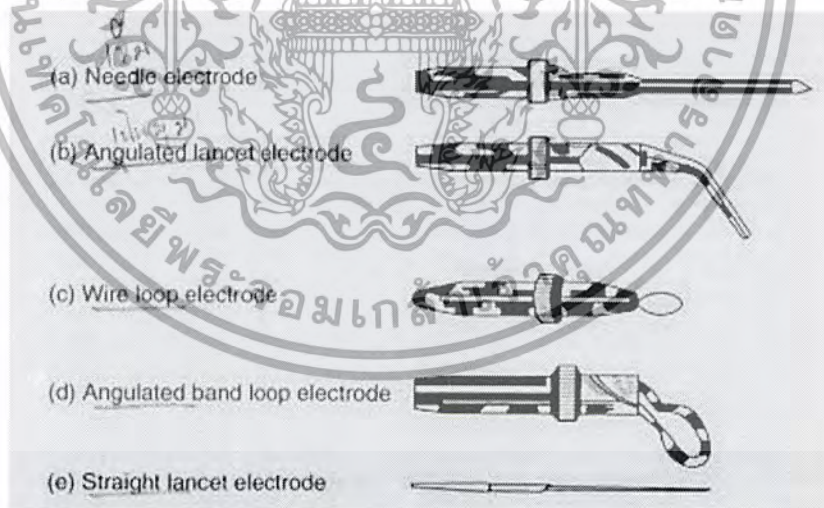
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่เผยแพร่โดย บริษัท อีเล็กโทรด นิวคอร์ด หรือ patient plate การตัด หรือการทำให้เป็นลึมนั้นเป็นผล
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ไม่อิสระต่อกันในการสัมผัสบริเวณระหว่าง อิเล็กโทรดแบบขั้วเดียว และเนื้อเยื่อ ซึ่งเล็กมาก ๆ ถ้าเราเปรียบเทียบการสัมผัสระหว่าง patient plate กับผิวหนังของผู้ป่วย

เทคนิคแบบสองขั้ว: สำหรับเทคนิคนี้ มีการใช้อิเล็กโทรดสองอัน กระแสที่ไหลผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสองและกลับเข้าไปในเจนเนอเรเตอร์โดยปราศจากการผ่านเข้าไปในตัวผู้ป่วย การสัลยกรรมแบบสองขั้วนี้ ไม่ใช่เพียงแค่มีความปลอดภัยมากกว่าแบบขั้วเดียวเท่านั้นแต่ยังมีความแม่นยำตั้งแต่การไหลกระแสและคุณสมบัติที่ซึ่งต้องการตัวกำเนิดความร้อน ดังนั้นวิธีนี้จึงเป็นที่นิยมใช้โดยแพร่หลาย

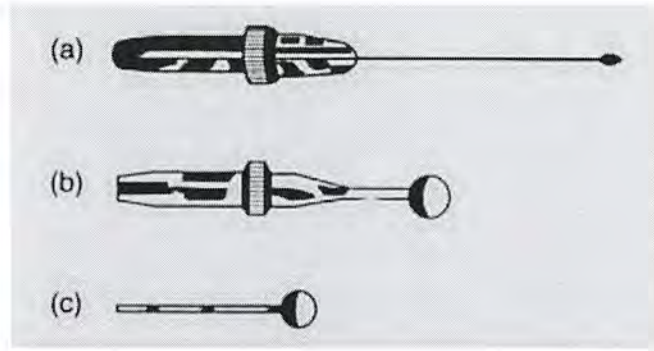
อิเล็กโทรดที่ใช้ในการทำสัลยกรรมด้วยไฟฟ้า

เทคนิคแบบสองขั้วถูกใช้อย่างมากในการประยุกต์ใช้งานรวมถึงการใช้ในการผ่าตัดด้วยไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้าสูงทางขาเข้าซึ่งต่อกับอิเล็กโทรดที่ทำการผ่าตัดเหมาะที่จะใช้กับหลายขนาด ดังรูปที่ 3.19 การใช้งานขึ้นอยู่กับการประยุกต์ใช้งาน มีดผ่าตัดอิเล็กโทรดเป็นสิ่งปกติที่ใช้ในการผ่าตัดหรือการห้ามเลือดใดๆก็ตาม Loop อิเล็กโทรดสำหรับการตัดออก แอลทีฟอิเล็กโทรดสำหรับวัตถุประสงค์ในการทำให้เลือดกลายเป็นลิ่มเลือดเท่านั้นเป็นชนิดบอด รูปที่ 3.20 หรือ plate type ในการสัลยกรรมด้วยไฟฟ้า ศัลยแพทย์ต้องมีการเปิดปิดสวิตช์ด้วยตัวเอง โดยการใช้นิ้วกดที่ค้ำอิเล็กโทรดหรือสวิตช์ที่เท้า



รูปที่ 3.19 อิเล็กโทรดสำหรับตัดที่มีหลายแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 อิเล็กโทรดสำหรับจี้ที่มีหลายแบบ

เพราะฉะนั้นอิเล็กโทรดจะต้องมีด้ามจับสำหรับใช้นิ้วกดสวิตช์หรือถ้าไม่มีก็ต้องมีสวิตช์ที่เท่าในการใช้งาน

ทางออกของศักย์ไฟฟ้าค่าของคลื่นความถี่วิทยุที่ออกจากเอาต์พุตของสายนำสัญญาณ ที่ต่อเพื่อแพร่กระจายสัญญาณไปในอิเล็กโทรด อิเล็กโทรดนี้ประกอบด้วยเพลทตัวนำขนาด 15*20 เซ็นติเมตร ที่พื้นและชุ่มไปด้วยสารละลายน้ำเกลือและสัมผัสกับตัวผู้ป่วย ต่อไปมีการใช้สแตนเลสที่ยึดหยุ่นได้ง่ายโดยไม่มีอะไรครอบคลุม การสัมผัสที่คั่นระหว่างเพลทกับตัวผู้ป่วยค่อนข้างจะบอบ จำนวนของตัวนำเหมือนกับแผ่นเพลทตัวนำที่ใช้กับเครื่อง ECG นี่เป็นการให้การสัมผัสที่ดีเยี่ยม และต้องการที่จะเก็บไว้กับแผลที่เปื่อย อย่างไรก็ตามปัญหาอาจจะเกิดขึ้น ถ้าหากว่าไม่มีความสะอาดจากแผ่นเพลทหลังจากการใช้ซ้ำจนแน่นแข็ง

ทางเลือกที่จะใช้ในระยะเวลาประชิด จะใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวค้ำปลั่ง กับเพลท ซึ่งไม่มีการสัมผัสโดยตรง ระหว่างโลหะของอิเล็กโทรดกับผิวของผู้ป่วย อิเล็กโทรดประกอบด้วย แผ่นขนาดใหญ่ของโลหะบางระหว่าง แผ่น สองชั้น ที่ทำมาจากยางสังเคราะห์ ซึ่งเป็นรูปแบบของตัวเก็บประจุกับร่างกายของผู้ป่วย ตัวเก็บประจุนี้จะปล่อยให้กระแสความถี่สูงส่งผ่านเข้าไป อย่างไรก็ตาม ปัญหานี้ สามารถแก้ไขได้ด้วยการต่อลงกราวนด์

3.14.3. ตัววิเคราะห์การสลายกรรมด้วยมิดไฟฟ้า

การตรวจสอบกำลังงานทางด้านเอาต์พุตของเครื่องสลายกรรมด้วยไฟฟ้ามีความสำคัญซึ่งต้องทำให้แน่ใจว่าอุปกรณ์มีประสิทธิภาพและเพื่อจะบอกถึงระดับความเข้มข้นในการตั้งค่าควบคุมระดับเอาต์พุต อันนี้สามารถกระทำได้ด้วยการช่วยเหลือของการประกอบด้วยโหลด ตัวความต้านทานที่ไม่เหนี่ยวนำไฟฟ้า และ ค่ากระแสที่เหมาะสมสำหรับความถี่ และการวัดรูปคลื่น

อุปกรณ์สลายกรรมด้วยไฟฟ้านั้น จะใช้กำลังงานทางด้านเอาต์พุตเป็นรากฐาน ถึง 500 W ย่าน

ความถี่จาก 0.3 ถึง 3 MHz บวงอันนั้น ความสำคัญของอุปกรณ์ฮาร์โมนิก กลายเป็น 5 MHz ซึ่งเป็นของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phillips และ Wagner ในปี 1980 ความสัมพันธ์ของเครื่องมือวัดของกำลังงานทางด้านเอาต์พุตที่ต้องการซึ่งถูกพิจารณาอย่างพอเหมาะ โดยการให้ความถี่วิทยุธรรมชาติทางด้านรูปคลื่นเอาต์พุต

ในรูปที่ 3.21 แสดงให้เห็นหลักการการทำงานของตัววิเคราะห์เครื่องมือสัลยกรรมด้วยไฟฟ้า โดยกระแสที่แปรเปลี่ยนสามารถกำหนดจาก

$$I = [1/T \int [i(t)]^2 dt]^{1/2} \quad (3.18)$$

โดยที่

I = ค่า RMS

T = คาบเวลาของกระแส

$i(t)$ = กระแสไฟฟ้าในฟังก์ชันของเวลา

ถ้าหากว่ากระแสไฟฟ้าเป็นรูปคลื่นที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาแล้ว ความสัมพันธ์ระหว่างรอบเฉลี่ยครึ่งหนึ่ง และ ค่า RMS สามารถที่จะคำนวณได้จากการวัดกระแสเฉลี่ยครึ่งไซเคิล และคูณด้วย

1.1



รูปที่ 3.21 หลักการทำงานของเครื่องผ่าตัดด้วยไฟฟ้า

เครื่องมือเปลี่ยนความร้อนประกอบด้วยวัสดุที่เป็นตัวให้ความร้อน เทอร์โมคัปเปิล และตัวห่อหุ้มด้วยแก้ว ซึ่งถูกใช้สำหรับการวัดกำลังงานทางด้านเอาต์พุต วัสดุที่ให้ความร้อนเปลี่ยนค่าตามอุณหภูมิ ในฟังก์ชันของกระแส rms เทอร์โมคัปเปิลเป็นรูปแบบของชนวนไฟฟ้าแต่มีการต่อเชื่อมอย่างเป็นอุณหภูมิกับตรงกลางของวัสดุ มันจะผลิตแรงดันซึ่งเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิความร้อนถ้าหากเราทำการถอดตัวแก้วที่ห่อหุ้มอยู่ออกจะทำให้เพิ่มความไวต่อตัวคอนเวอร์เตอร์ความร้อน

เอาต์พุตของ thermal converter ได้สัดส่วนพอเหมาะกับแรงดันที่เราป้อนเข้าไป ทางด้านเอาต์พุตนี้เมื่อใส่มิเตอร์โดยตรงจะให้สเกลที่ไม่มีความเป็นเชิงเส้น การอ่านค่าเหมือนกับการอ่านค่า

อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง โดยการให้ thermal converter มาคู่กันสองอัน อันหนึ่ง ให้ความร้อนโดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยเป็นอย่างสูง และต้องอภัยถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณที่ทำการวัด และและอีกอันให้ความร้อนโดยสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง ปัญหานี้เราสามารถแก้ปัญหานี้ได้ เทอร์โมคัปเปิลเอาต์พุตสองตัว ที่ต่ออนุกรมอยู่ นี่เป็นการรวมสัญญาณอินพุต ตัวขยายแรงดันไฟฟ้าตรงที่ความถี่สูง เอาต์พุตของตัวขยายถูกป้อนกลับและขับความร้อนออกจากตัวฮีตเตอร์

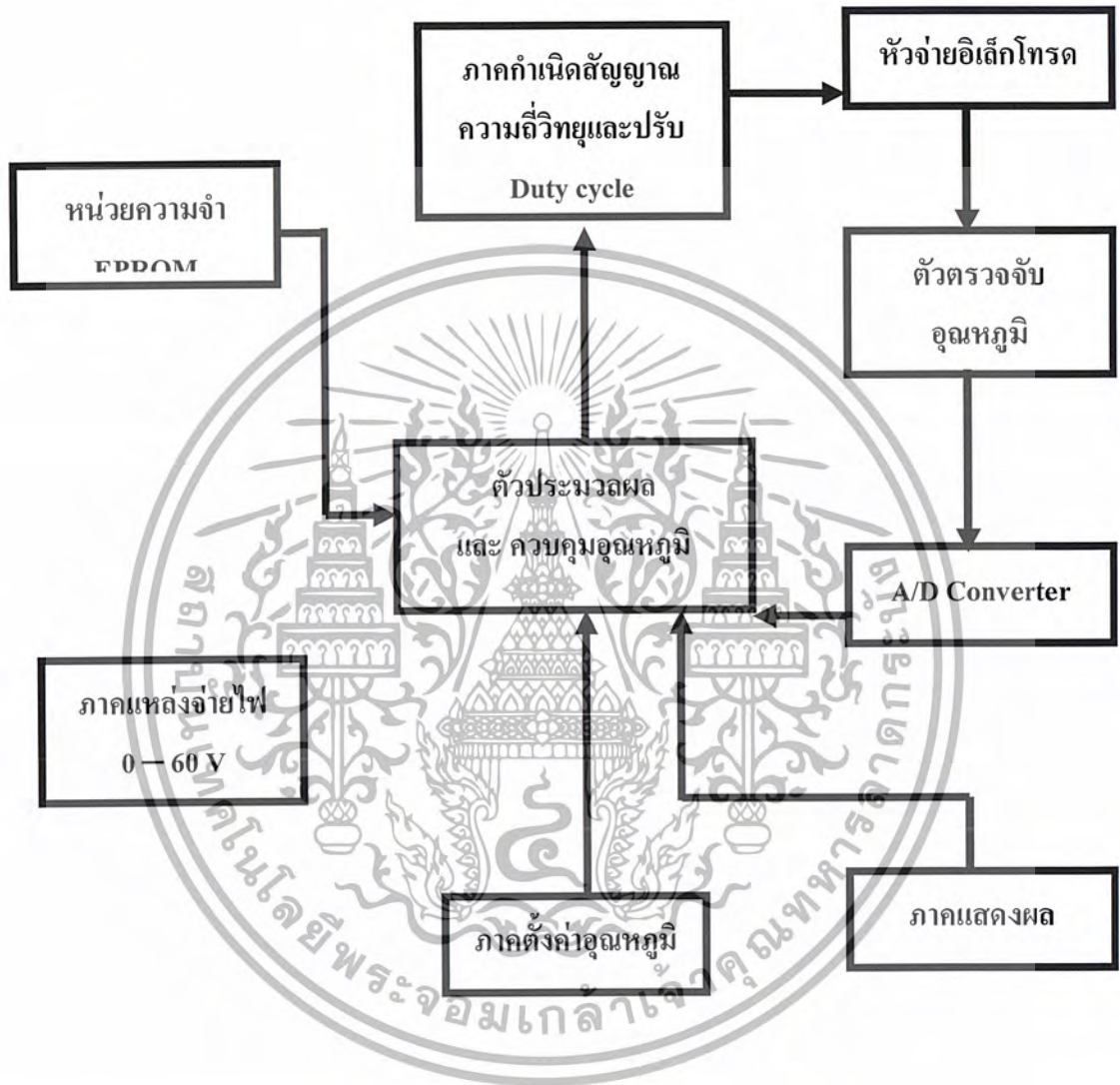
การทำงานของระบบประกอบด้วยการใส่สัญญาณเพื่อที่จะทำการวัดตัวให้ความร้อนตัวแรก ของ thermal converter เป็นการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของตัวฮีตเตอร์ และแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงถูกกำเนิดโดยเทอร์โมคัปเปิล แรงดันนี้ถูกขยายโดยแอมป์รีไฟร์เออร์ และ ส่งผลให้กระแสไหลในฮีตเตอร์ของ thermal converter ตัวที่สอง ทำให้อุณหภูมิของฮีตเตอร์เพิ่มขึ้นและเทอร์โมคัปเปิล แรงดันถูกกำเนิดโดยเทอร์โมคัปเปิลอันที่สอง ลบออกจากแรงดันเทอร์โมคัปเปิลอันแรก และทำการลดค่าแรงดันที่ป้อนให้กับแอมป์รีไฟร์ กระบวนการนี้ดำเนินการต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ จนกระทั่ง ตัวฮีตเตอร์ทั้งสองมีค่าประมาณอุณหภูมิเท่ากัน และเทอร์โมคัปเปิลจะกำเนิดแรงดันประมาณเท่ากัน นั่นคือระบบอยู่ในสถานะสมดุลนั่นเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

โครงสร้างและการออกแบบของเครื่องกำเนิดเนื้อเยื่อที่ใช้ความถี่วิทยุ



รูปที่ 4.1 แสดง Block Diagram ของเครื่องทำลาชเนื้อเยื่อที่ใช้ความถี่วิทยุ

4.1. การออกแบบภาคตรวจจับอุณหภูมิ

เป็นภาคที่มีหน้าที่ในการตรวจจับอุณหภูมิจากอิเล็กโทรดเพื่อส่งค่าของอุณหภูมิที่ได้ส่งไปยังภาคแปลงสัญญาณแอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลต่อไป โดยตัวตรวจจับอุณหภูมิที่ใช้ในเครื่องกำเนิดเนื้อเยื่อนี้ จะใช้เทอร์โมคัปเปิลชนิด K เนื่องจากมีความเป็นเชิงเส้นสูง ทำให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรม

และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างรวดเร็วในการเซ็นเซอร์อุณหภูมิ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความแรงดันไฟฟ้าโดยตรง และมีความไวในการตอบสนองต่ออุณหภูมิ โดยการออกแบบนั้นจะใช้ IC เบอร์ ADC 0804 เป็นวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยมี IC เบอร์ AD595 เป็นตัวขยายสัญญาณจาก เทอร์โมคัปเปิ้ล แล้วส่งไปให้แก่วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อส่งข้อมูลไปประมวลผลที่ไมโคร โปรเซสเซอร์ต่อไป



รูปที่ 4.2 ไคอะแกรมภาคตรวจจับอุณหภูมิ

4.2.การออกแบบภาคแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล

ภาคนี้อาจรับสัญญาณไฟฟ้าจากเทอร์โมคัปเปิ้ลมาเพื่อแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลก่อนส่งไปยังภาคประมวลผลกลาง หรือ ไมโคร โปรเซสเซอร์ เพื่อ ความคุมอุณหภูมิต่อไป โดยภาคแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลนี้จะใช้ ไอซีเบอร์ ADC0804 ซึ่งง่ายต่อการใช้งาน

ในการออกแบบวงจรส่วนนี้เข้าทำการออกแบบด้วยการรับ อินพุท เป็นแรงดันจากตัวตรวจจับอุณหภูมิ โดยใช้ไอซีเบอร์ ADC 0804 ซึ่งเป็นการแปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นเลขฐาน 16 และส่งข้อมูลออกให้ภาคประมวลผลแบบขนานซึ่งการทำงานสามารถที่จะส่งข้อมูลไปยังตัวประมวลผลได้ถูกต้องแม่นยำ และตัวประมวลผลสามารถรับข้อมูล ได้อย่างถูกต้องและเกิดความง่ายในการเขียนโปรแกรมควบคุม



รูปที่ 4.3 แสดงบล็อกไคอะแกรมการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

ในการให้ข้อมูลแบบขนานนี้ ทำให้ง่ายต่อการออกแบบในการรับข้อมูลและการเขียนโปรแกรมบนตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการออกแบบวงจร การเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เราต้องพิจารณาข้อมูลทางด้านอินพุท และแรงดันอ้างอิง (Vref) ของ ADC 0804 มีค่า 0-1.25 โวลท์ เพื่อที่สามารถแปลงค่าอุณหภูมิได้ในช่วง 0 – 125 องศาเซลเซียส และสิ่งสำคัญอีกส่วนหนึ่งคือ คล็อกออปชั่นโดยสามารถกำหนดค่า คล็อก ที่เข้าสู่วงจร โดยใช้ ตัวประมวลผล หรือ การตั้งค่าอุปกรณ์

RC ภายนอกตามสูตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F(\text{CLK}) = 1 / (101 * RC)$$

โดยการกำหนดค่าของ R = 10 K

$$F(\text{CLK}) = 1 / (1.1 * 10K * 150\text{pf})$$

$$= 444.44 \text{ KHz}$$

โดยที่การออกแบบการใช้ค่า C > 50 PF ส่วนขา CS และ RD จะให้ต่อลงกราวด์ เพื่อให้มีการรับ อินพุต ตลอดเวลา โดยเราใช้ขา WR เป็นขาในการสั่งงานให้เกิดเอาต์พุตในการตรวจสอบว่าข้อมูลถูกแปลง เป็นสัญญาณดิจิทัลแล้วหรือยังสามารถทำการตรวจจากขา INTR

4.3. ภาคประมวลผลกลาง หรือภาคควบคุมอุณหภูมิ

ภาคนี้จะเป็นภาคที่ประมวลผลค่าที่ได้จากภาคแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล มาเพื่อทำการประมวลผล และ ปรับ Duty cycle และปล่อยสัญญาณ ออก ไปควบคุมอุณหภูมิที่ปลายแท่ง อิเล็กโทรดตามค่าอุณหภูมิที่ทำการตั้งไว้ในภาคแสดงผล โดยในการออกแบบเราจะใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมอุณหภูมิโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม

4.4.ภาคแสดงผล

ภาคแสดงผลนี้จะเป็นภาคที่แสดงค่าของอุณหภูมิที่ตั้งไว้กับอุณหภูมิปัจจุบันที่เซ็นเซอร์ได้ ออกมายัง Seven segment 4 หลัก เพื่อแสดงผล

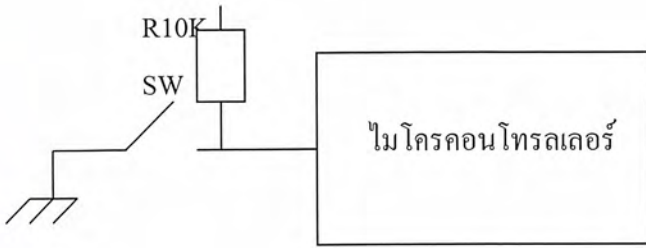
ในการออกแบบภาคแสดงผลจะผ่านค่าข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านไอซีเบอร์ 74LS248 เพื่อทำการแสดงผลทาง 7 เซ็กเมนต์ การใช้ไอซีเบอร์ 74LS248 เพื่อให้ง่ายต่อการแสดงผล และการเขียนโปรแกรมสั่งงาน โดยที่ข้อมูลที่ได้จากตัวตรวจจับอุณหภูมิ จะผ่านเข้าสู่ตัวประมวลผล และตัวประมวลผลจะเป็นตัวสั่งงานในการแสดงผล โดยส่งข้อมูลออกสู่พอร์ทเอและพอร์ทบี ซึ่งพอร์ท ทั้งสองนั้น จะทำให้เกิดการแสดงผลออกมาทาง 7 เซ็กเมนต์ อุณหภูมิ

4.5.การออกแบบวงจรภาครับการกดยข้อมูล

ภาคนี้จะเป็นสวิทช์ มีไว้เพื่อทำการตั้งค่าอุณหภูมิ ขึ้น หรือ ลง และ เซ็ต อุณหภูมิ ในการ ออกแบบ ใช้พอร์ทของ AT89C51 เป็นพอร์ทอินพุต เราต้องมีการเขียนข้อมูลค่า 1 ลงไปในพอร์ทที่ ต้องการ เพื่อให้เกิดคุณสมบัติเป็น ไสอิมพีแดนซ์ ดังนั้นในการออกแบบวงจรภาครับ อินพุตสามารถที่จะ ออกแบบโดยใช้แนวความคิดว่า เมื่อกดสวิทช์ แล้ว วงจรจะได้รับค่า 0 และเมื่อมีการปล่อยสวิทช์

วงจรรีบบค่า 5 โวลท์ เมื่อมีการอ่านค่าจากไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 วงจรภาครับข้อมูล

4.6.ภาคแหล่งจ่ายไฟ

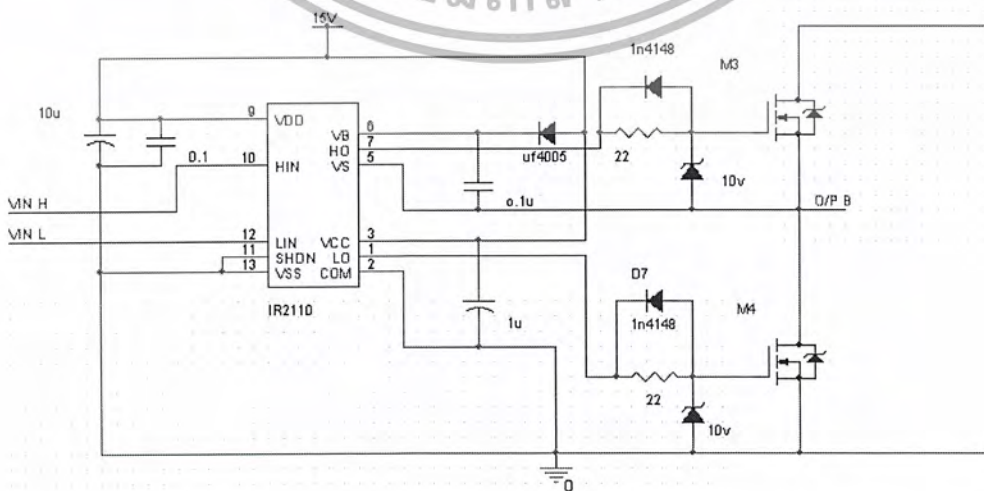
เป็นภาคที่จ่ายไฟให้แก่อุปกรณ์ต่างๆ ของวงจร เราเลือกใช้ IC เบอร์ L7805 ในการจ่ายไฟฟ้าเลี้ยงระบบให้แก่วงจรต่างๆ ของระบบ

4.7.แท่งอิเล็กทรอนิกส์

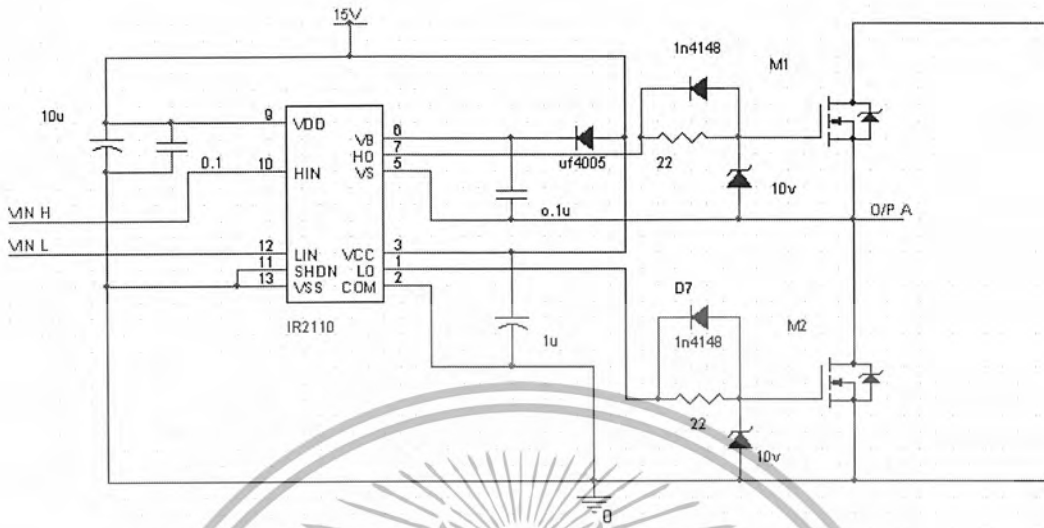
แท่งอิเล็กทรอนิกส์เป็นอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความสำคัญมากใช้ในการแปลงพลังงานเข้าไปในเนื้อเยื่อที่ต้องกำจัด โดยรับสัญญาณไฟฟ้ามาจาก ภาคควบคุมอุณหภูมิและตัวขับ โดยในการออกแบบนั้นเราจะใช้เข็มฉีดยาคุณภาพสูงแทนแท่งอิเล็กทรอนิกส์ที่มีราคาแพง

4.8 การออกแบบวงจรภาคขับเอาต์พุต

การออกแบบภาคขับเอาต์พุตจะต้องวงจรในลักษณะของฟูลบริดจ์ โดยนำมาสเฟดมาต่อฟูลบริดจ์กันดังในรูปที่ 4.5

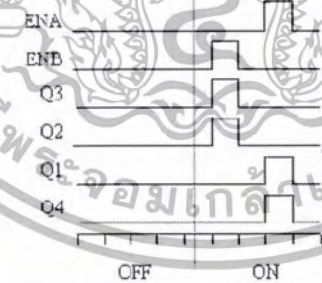


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรการต่อของภาคขับเคลื่อนมอเตอร์

โดยมอเตอร์จะสลับกันทำงานนำกระแสเป็นคู่โดย Q1 , Q4 และ Q2 , Q3 จะทำงานพร้อมกัน ทำให้เกิดกระแสไหลผ่านโหลด โดยมีไอซีเบอร์ด์ IR2110 เป็นตัวขับเคลื่อนของมอเตอร์ให้ทำงานตามพัลส์ที่เข้ามาทางด้านอินพุต โดยสัญญาณพัลส์ที่เข้ามาทางอินพุต ไอซีคือขา 10 และ 15 จะมีเฟสต่างกัน 180 องศา เพื่อจะขับเคลื่อนของมอเตอร์สลับกัน

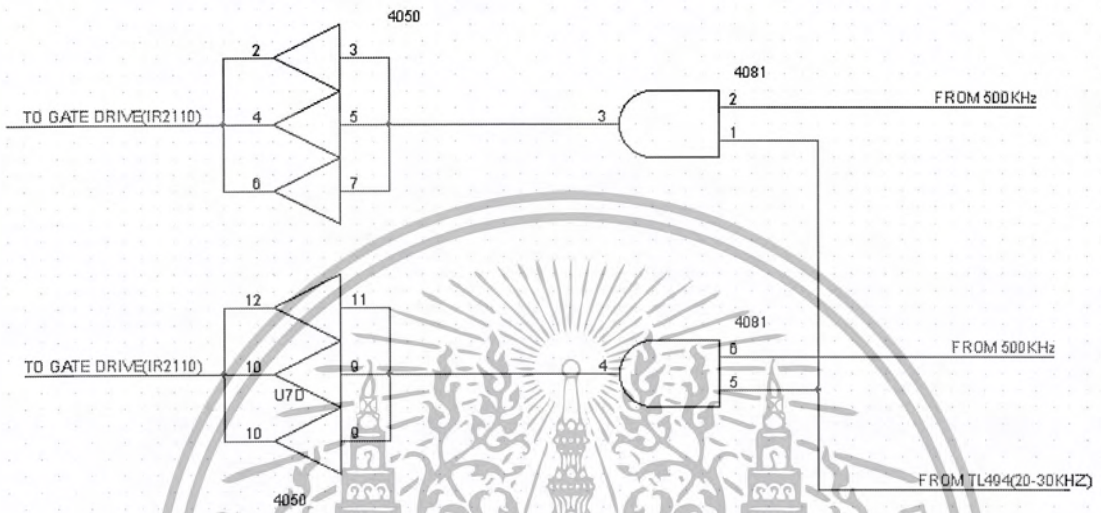


รูปที่ 4.6 แสดงโลจิกไคอะแกรมของไอซี IR2110

4.9 การออกแบบวงจรกำเนิดความถี่

เป็นวงจรถูกกำเนิดความถี่เพื่อที่จะนำไปเข้าที่ขาอินพุตของ IC 2110 ในการขับเคลื่อนของมอเตอร์ โดยให้ความถี่ตามต้องการ โดยจะกำเนิดความถี่ออกมาสองเอาต์พุตซึ่งความถี่ที่ได้นั้นจะต่างเฟสกัน เพื่อขับมอเตอร์ให้ทำงานสลับกัน จะใช้ไอซี TL 494 สร้างสัญญาณ SQUARE WAVE ช่วง 20-30KHz และนำไปมอดูเลตกับสัญญาณ SQUARE WAVE 500KHz โดยใช้ AND GATE ในการมอดูเลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ภาค MODULATION

5.0 ภาคหม้อแปลง

ภาคนี้จะเพิ่มแรงดันออกเอาต์พุตและแยกกราวด์เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายจากกระแสที่มากเกินไป จะให้สัญญาณเอาต์พุต จาก 40V_{p-p} เป็น 200V_{p-p}

บทที่ 5

การทดลองวัดค่าอุณหภูมิและเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภาคตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

5.1 การทดลองวัดค่าอุณหภูมิและเปรียบเทียบอุณหภูมิระหว่างภาคตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

5.1.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง

5.1.1.1 เพื่อทำการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิระหว่างภาคตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

5.1.1.2 เพื่อทราบค่าบิตที่แน่นอนของอุณหภูมิต่าง ๆ

5.1.1.3 เพื่อทดสอบการใช้งานของไอซี AD595 และ ADC0804

5.1.2 อุปกรณ์

5.1.2.1 เทอร์โมมิเตอร์

5.1.2.2 เทอร์โมคัปเปิลชนิด K

5.1.2.3 ไอซี เบอร์ AD595 , ADC0804

5.1.3 วิธีการทดลอง

5.1.3.1 ต่อวงจร โดยใช้ LED เป็นตัวแสดงผลของบิต

5.1.3.2 นำน้ำแข็งใส่ภาชนะ

5.1.3.3 นำเทอร์โมคัปเปิล ติดให้ใกล้กับเทอร์โมมิเตอร์มากที่สุด แล้วจุ่มลงในภาชนะใส่น้ำแข็ง

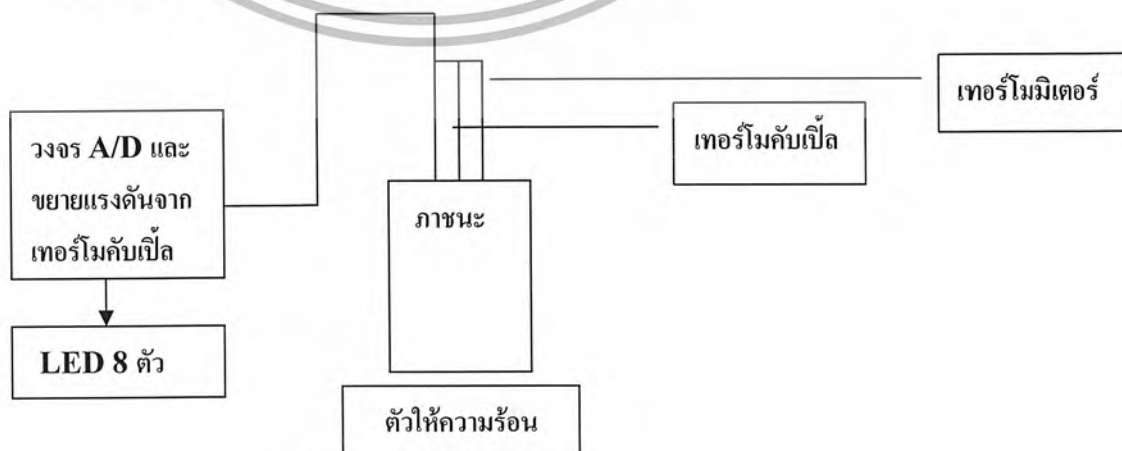
5.1.3.4 สังเกตการเปลี่ยนแปลงบิต

5.1.3.5 บันทึกผลการทดลองทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนบิต

5.1.3.6 พอลงอุณหภูมิของน้ำเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วค้ำน้ำให้เดือด

5.1.3.7 บันทึกผลการทดลอง

5.1.3.8 ทำซ้ำ 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ย



รูปที่ 5.4 แสดงไดอะแกรมในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.4 ผลการทดลอง

องศา C	ค่าแรงดัน ครั้งที่ 1 (mV)	ค่าแรงดัน ครั้งที่ 2 (mV)	ค่าแรงดัน ครั้งที่ 3 (mV)	ค่าแรงดัน เฉลี่ย(mV)	บิต
0	0.1	0.0	0.0	0.03	00000000
1	11	10	10	10.33	00000001
2	20	20	19	19.66	00000010
3	29.5	30	29	29.5	00000001
4	38.2	39	40	39.06	00000100
5	49	50	50	49.6	00000110
6	60	60	60	60	00000111
7	69.5	70	69	69.5	00001000
8	80.0	80.0	80.0	80	00001001
9	90	90	90	90	00001010
10	101	100	100	100.33	00001010
11	110	110	109	109.66	00001100
12	119	120	120	119.66	00001100
13	131	130	130	130.33	00001101
14	141	140	140	140.33	00001110
15	150	151	150	150.33	00001111
16	159	160	160	159.66	00010000
17	170	169	170	169.66	00010001
18	179	180	180	179.66	00010010
19	190	190	190	190	00010011
20	201	200	200	200.33	00010100
21	210	210	210	210	00010101
22	220.1	220	220	220.03	00010110
23	230	230	230	230	00010111
24	240	240	240	240	00011000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

25	249.8	250	250	249.93	00011001
26	261	260	260	260.33	00011001
27	270	270	270	270	00011010
28	280.5	280	280	280.16	00011001
29	290.0	290	290	290	00011101
30	299.9	300	300	299.96	00011011
31	310.1	310	310	310.03	00011011
32	320.0	320	320	320	00011101
33	330.0	330	330	330	00011111
34	340.1	340	340	340.03	00100000
35	350.1	350	350	350.03	00100001
36	360.0	359	360	359.66	00100010
37	370.05	370	370	370.01	00100011
38	380.0	380	380	380	00100110
39	390.0	391	389	390	00100101
40	401	400	400	400.33	00101000
41	410.0	410	410	410	00100111
42	420	421	420	420.33	00100111
43	430	430	430	430	00101001
44	440	440	440	440	00101010
45	450	450	449	449.66	00101011
46	460	459	459	459.33	00101100
47	470	470	471	470.33	00101101
48	480	480	480	480	00101111
49	490	490	490	490	00110000
50	500.1	500	500	500.03	00110001
51	510.1	510	510	510	00110001
52	520.5	520	520	520.166	00110011
53	529.9	530	530	529.96	00110101
54	540.0	540	540	540	00110100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

55	550.0	550	550	550	00110101
56	560.0	560	560	560	00111000
57	570.0	570	570	570	00111001
58	579.9	580	580	579.96	00111000
59	590.1	590	590	590.03	00111011
60	600.0	600	600	600	00111001
61	610.0	610	610	610	00111101
62	620.0	620	620	620	00111110
63	630.0	630	630	630	00111101
64	640.0	640	640	640	00111111
65	649.9	650	650	649.96	01000010
66	659.8	660	660	659.93	01000010
67	670	670	670	670	01000011
68	680.0	680	681	680.33	01000011
69	690	690	690	690	01000011
70	700	701	699	700	01000101
71	710	710	710	710	01000110
72	720	720	720	720	01000110
73	730	730	730	730	01001001
74	740	740	740	740	01001000
75	750	750	750	750	01001010
76	760	760	760	760	01001011
77	770	770	770	770	01001100
78	780.1	780	780	780.03	01001110
79	790	790	790	790	01001111
80	800	800	800	800	01010000
81	810	810	810	810	01011111
82	820	820	820	820	01010001
83	830	830	830	830	01010011
84	840	840	840	840	01010010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

85	850	850	850	850	01010101
86	860	860	860	860	01010101
87	870.1	870	870	870.03	01010111
88	880	880	880	880	01011000
89	890.5	890	890	890.16	01011000
90	900.0	900	900	900	01011010
91	910.0	910	910	910	01011001
92	920.0	920	920	920	01011011
93	930.0	930	930	930	01011011
94	940.0	940	940	940	01011101
95	950.1	950	950	950.03	01011111
96	960.0	960	960	960	01100000
97	970.0	970	970	970	01100000
98	980.0	980	980	980	01100000
99	990.0	990	990	990	01100000
100	100.0	101	100	100.33	01100000

ตารางที่ 5.1 แสดงผลการทดลองวัดค่าอุณหภูมิและปรับเทียบอุณหภูมิระหว่างภาคตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 สรุปผลการทดลอง

ในการทดลองจะเป็นการทดลองในการปรับเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้ของภาคเซ็นเซอร์อุณหภูมิ และเทอร์โมคัปเปิ้ล กับ เทอร์โมมิเตอร์ เพื่อเป็นการปรับเทียบให้รู้ว่าที่อุณหภูมิใดๆ เกิดบิตอะไรขึ้นบ้าง เพื่อนำไปเขียนโปรแกรม แสดงผลในภาคแสดงผลต่อไป

จากผลการทดลองสรุปได้ว่าเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส จะเปลี่ยนแปลงแรงดัน ประมาณ 10 มิลลิโวลต์ ต่อองศา และจะเกิดสถานะ ของบิตที่แตกต่างกันออกไปโดยที่อุณหภูมิ 0 องศา บิตที่เกิดขึ้น คือ 00000000 ค่าแรงดันเฉลี่ยที่วัดได้ประมาณ 0.03 โวลต์ และที่ 1 องศา บิตที่เกิดขึ้นคือ 00000001 และค่าแรงดันเฉลี่ยที่วัดได้ประมาณ 10.33 โวลต์ ดังนั้นจากการสังเกตจนถึงครบ 98 องศา นั้น จะพบว่าอุณหภูมิเปลี่ยน 1 องศา จะทำให้ ภาคเซ็นเซอร์อุณหภูมิ เปลี่ยนแปลง 10 มิลลิโวลต์ โดยประมาณ

โดยสังเกตได้ว่าจะมีบางช่วงของอุณหภูมิที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงบิต อาจเนื่องมาจากอุณหภูมิที่ สะสมอยู่ในโลหะของเทอร์โมคัปเปิ้ล นั้นเอง



5.2 การทดลองวัดสัญญาณ ณ จุดเอาต์พุตของภาคกำเนิดความถี่ต่ำ

5.2.1 วัดอุปกรณ์ในการทดลอง

5.2.1.1 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวงจรภาคกำเนิดความถี่ต่ำ ณ จุดต่าง ๆ

5.2.1.2 เพื่อตรวจสอบสัญญาณว่าได้ความถี่ตามที่ต้องการหรือไม่

5.2.1.3 เพื่อทดลองว่าได้ผลเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

5.2.2 อุปกรณ์

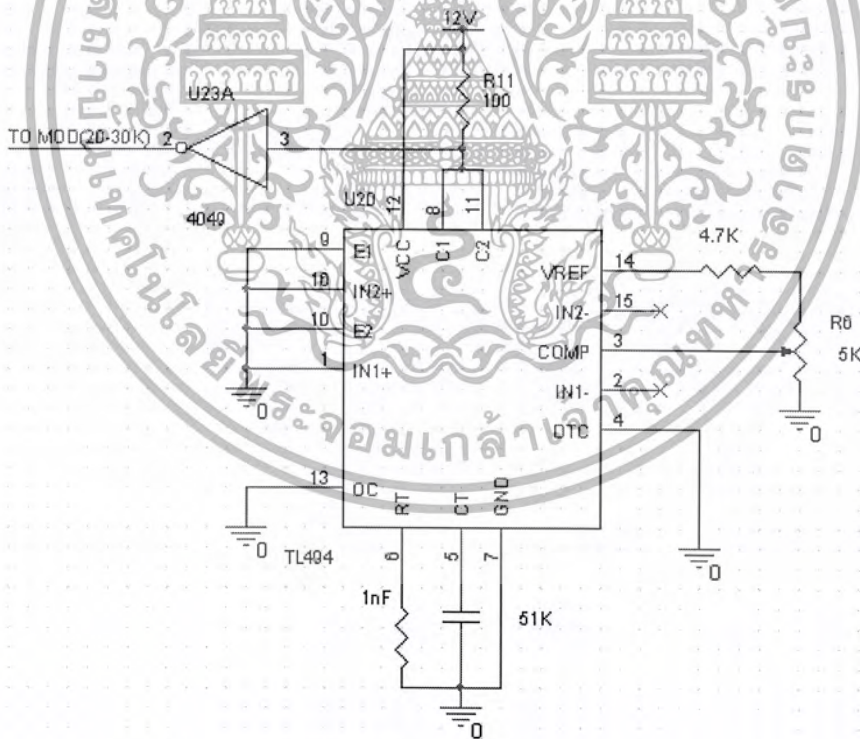
5.2.2.1 วงจรภาคกำเนิดความถี่ต่ำ

5.2.2.2 ออสซิลโลสโคป

5.2.2.3 เพาเวอร์ซัพพลาย

5.2.3 วิธีการทดลอง

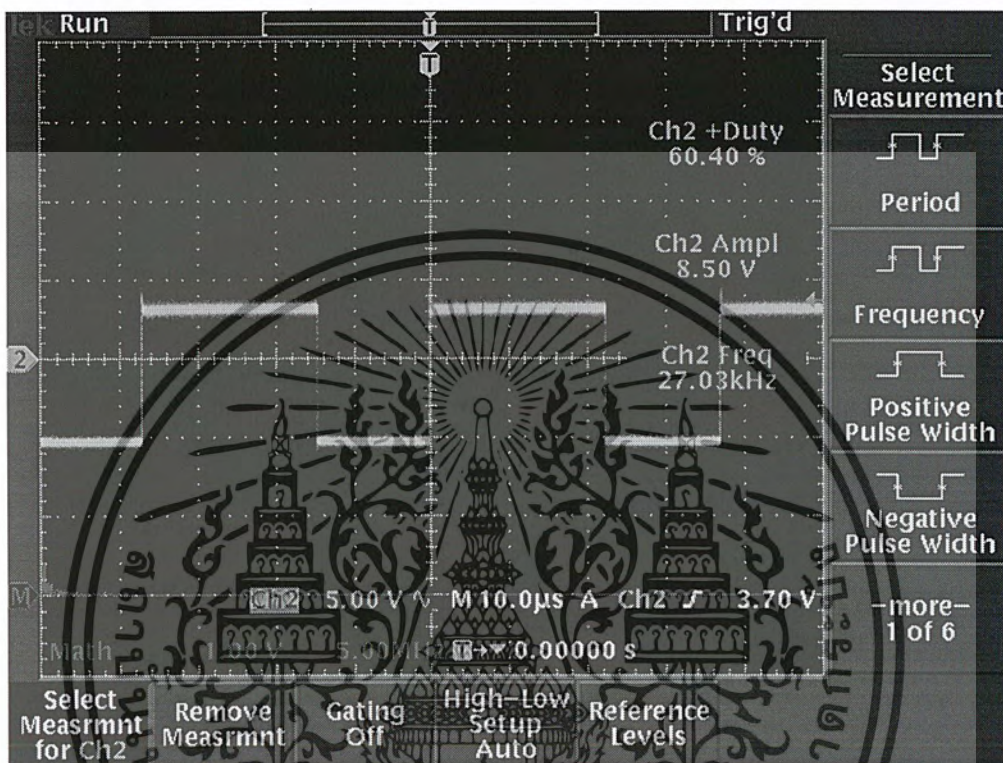
5.2.3.1 ต่อวงจรผลิตความถี่ต่ำดังรูป



5.2.3.2 วัดค่า ณ เอาต์พุต โดยปรับค่า duty cycle

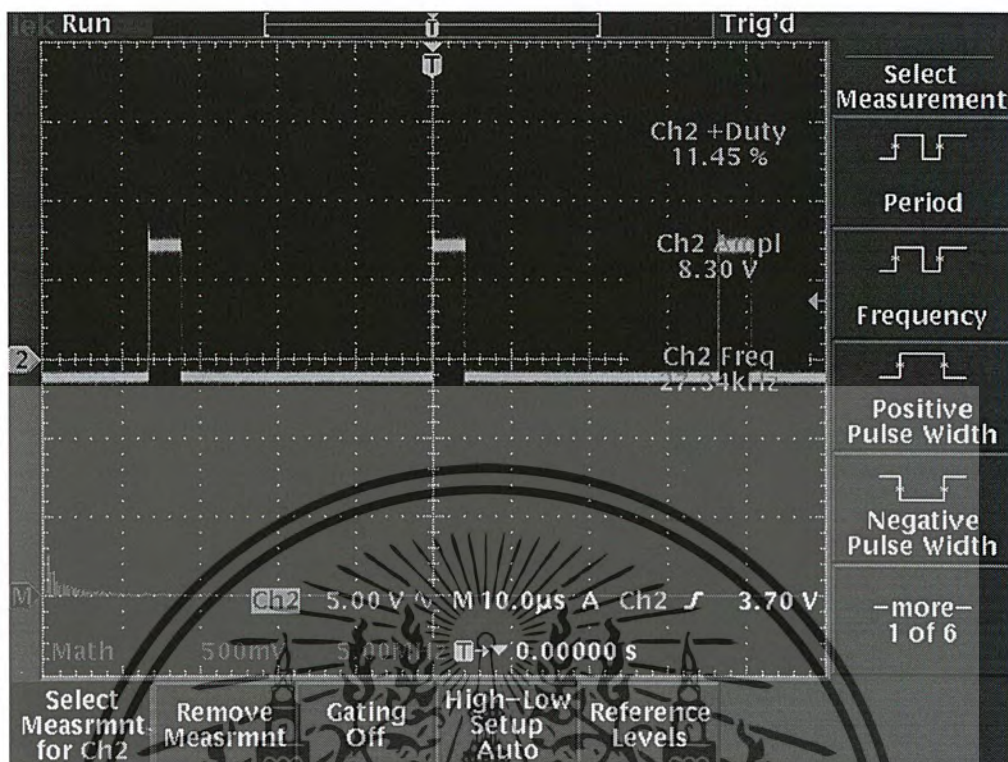
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4 ผลการทดลอง



ภาพจากการวัดที่เอาที่พุดของภาคกำเนิดความถี่ค่าที่ duty cycle 60 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพจากการวัดที่เอาที่พูดของภาคกำเนิดความถี่ต่ำที่ duty cycle 10 เปอร์เซ็นต์

5.2.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดค่า ณ จุดต่างๆของ ภาคกำเนิดความถี่ต่ำนั้น พบว่าผลรูปคลื่นออกกมาตามที่ต้องการและตรงตามทฤษฎี โดยจะได้พัลส์ความถี่ต่ำซึ่งสามารถปรับค่าความถี่ได้จากตัวต้านทานปรับค่าได้ จาก 0 – 100 เปอร์เซ็นต์

5.3 การทดลองวัดสัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ของภาคกำเนิดความถี่สูง

5.3.1 วัดอุปสรรคในการทดลอง

5.3.1.1 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวงจรภาคกำเนิดความถี่สูง ณ จุดต่าง ๆ

5.3.1.2 เพื่อตรวจสอบคลื่นสัญญาณว่าได้ความถี่ตามที่ต้องการหรือไม่

5.3.1.3 เพื่อทดลองว่าได้ผลเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

5.3.2 อุปกรณ์

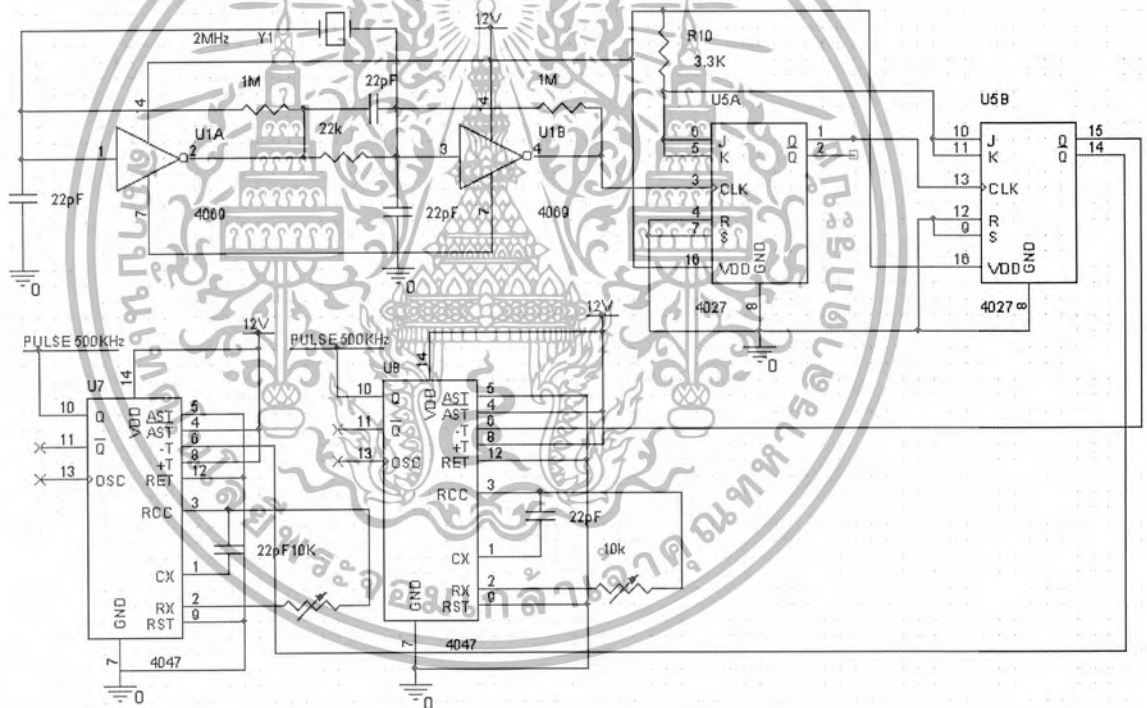
5.3.2.1 วงจรภาคกำเนิดความถี่สูง

5.3.2.2 ออสซิลโลสโคป

5.3.2.3 เพาเวอร์ซัพพลาย

5.3.3 วิธีการทดลอง

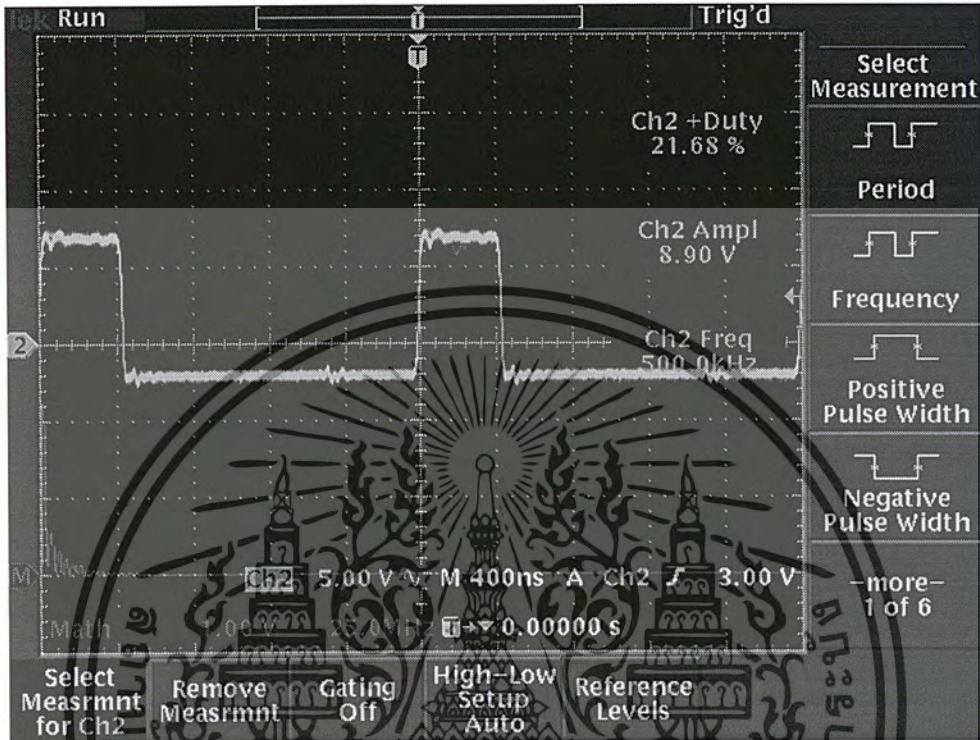
5.3.3.1 ตัวอย่างวงจรผลิตความถี่สูง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.3.2 วัดค่า ณ จุดเอาต์พุต โดยการปรับค่า duty cycle

5.3.4 ผลการทดลอง



ภาพของเอาต์พุตของภาคกำเนิดความถี่สูง duty cycle 21 เปอร์เซ็นต์

5.3.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองวัดค่า ณ จุดต่างๆ ของ ภาคกำเนิดความถี่สูงนั้น พบว่าผลรูปคลื่นออกกมาตามที่ต้องการและตรงตามทฤษฎี โดยจะได้พัลส์ความถี่สูงซึ่งสามารถปรับค่าความถี่ได้ จากตัวต้านทานปรับค่าได้ จาก 0 – 100 เปอร์เซ็นต์

5.4 การทดลองวัดสัญญาณ ณ จุดต่าง ๆ ของภาคขับเคลื่อน

5.4.1 วัดจุดประสงค์ในการทดลอง

5.3.1.1 เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของวงจรภาคขับเคลื่อน ณ จุดต่าง ๆ

5.3.1.2 เพื่อตรวจสอบสัญญาณว่ามีความถี่ตามที่ต้องการหรือไม่

5.3.1.3 เพื่อทดลองว่าได้ผลเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

5.4.2 อุปกรณ์

5.3.2.1 วงจรภาคขับเคลื่อน

5.3.2.2 ออสซิลโลสโคป

5.3.2.3 เพาเวอร์ซัพพลาย

5.4.3 วิธีการทดลอง

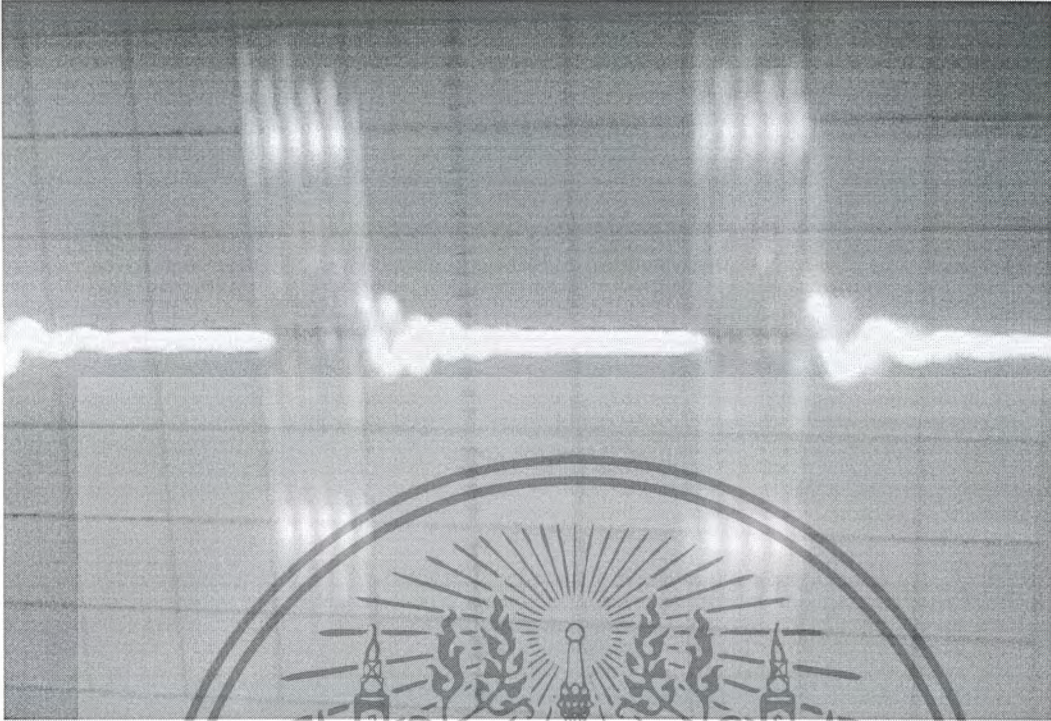
5.3.3.1 วัดค่าเอาต์พุตแล้วรับ Duty Cycle



5.4.4 ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$V/D = 5 \times 10$$

$$T/D = 5 \mu s$$

ภาพของเอาต์พุตของภาคขับเอาต์พุตเมื่อ Duty Cycle น้อย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 ของการทดลองการทำงานเครื่องทำลายเนื้อเยื่อ

5.5.1 วัตถุประสงค์ในการทดลอง

- 5.4.1.1 เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องทำลายเนื้อเยื่อ
- 5.4.1.2 เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของเนื้อเยื่อว่าถูกทำลายโดยเครื่องได้หรือไม่
- 5.4.1.3 เพื่อทดลองว่าได้ผลเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่

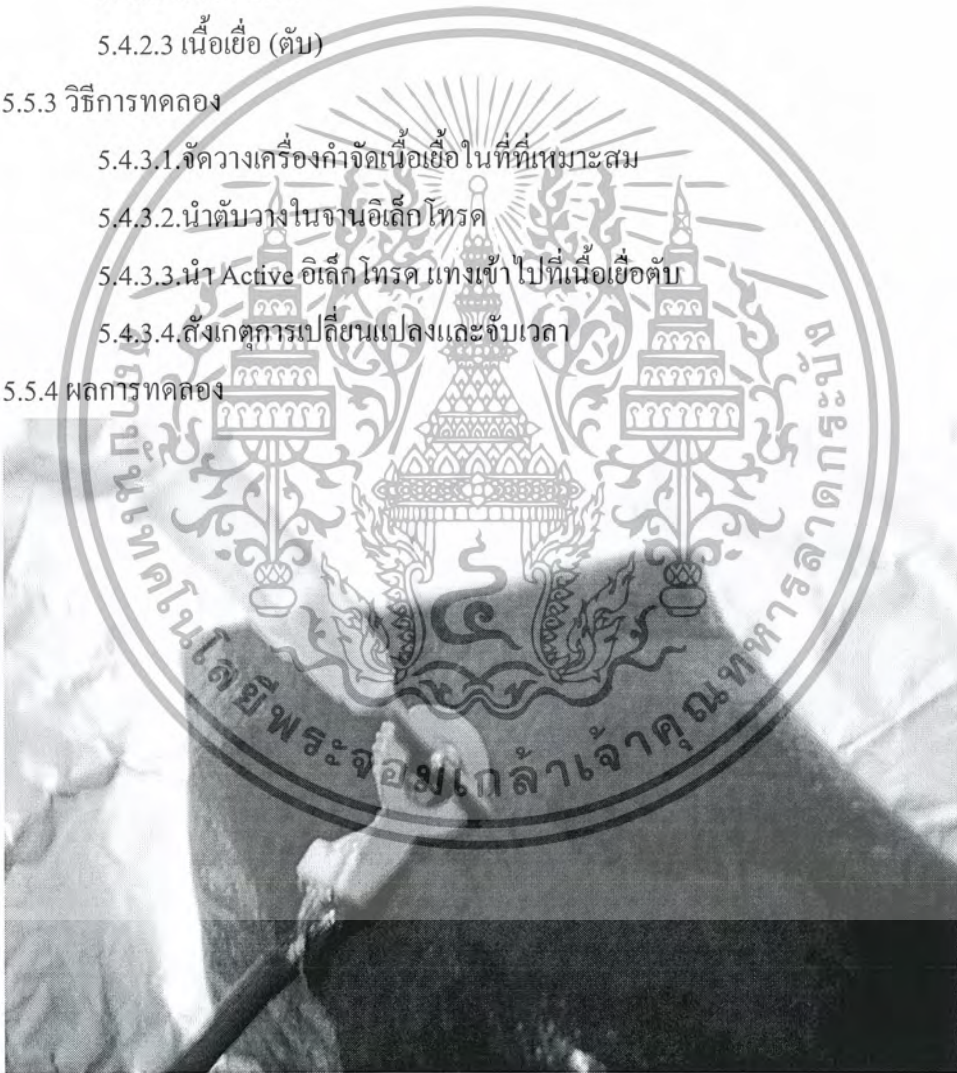
5.5.2 อุปกรณ์

- 5.4.2.1 เครื่องกำจัดเนื้อเยื่อ
- 5.4.2.2 อิเล็กโทรด
- 5.4.2.3 เนื้อเยื่อ (ตับ)

5.5.3 วิธีการทดลอง

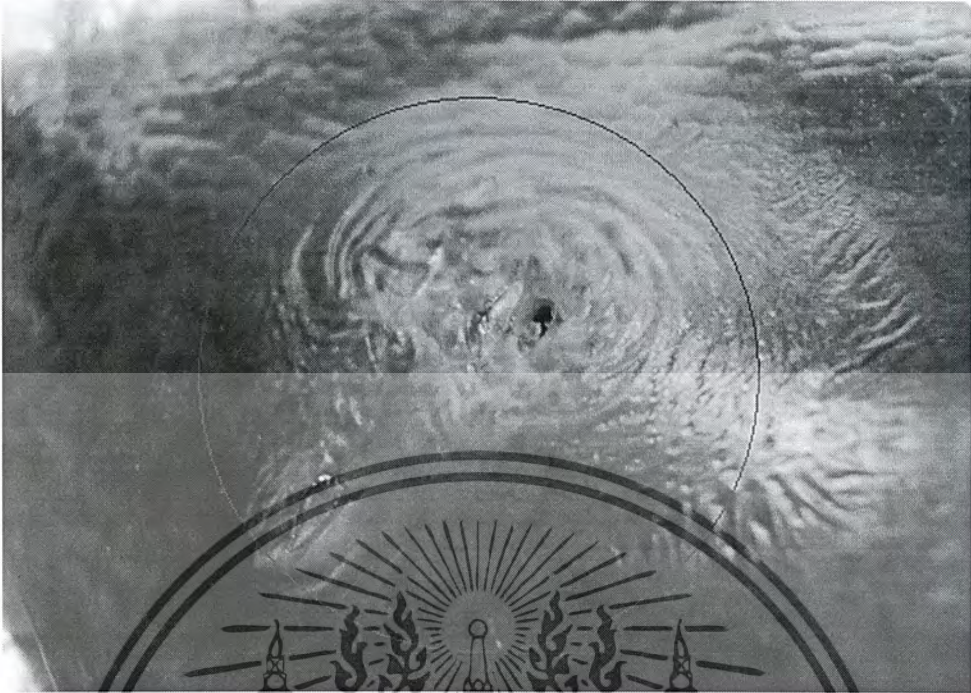
- 5.4.3.1 จัดวางเครื่องกำจัดเนื้อเยื่อในที่ที่เหมาะสม
- 5.4.3.2 นำตับวางในงานอิเล็กโทรด
- 5.4.3.3 นำ Active อิเล็กโทรด เทงเข้าไปที่เนื้อเยื่อตับ
- 5.4.3.4 สังเกตการเปลี่ยนแปลงและจับเวลา

5.5.4 ผลการทดลอง



รูปเมื่อนำ active อิเล็กโทรด เทงเข้าไปที่เนื้อเยื่อตับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปภาพผลการทดลองหลังจากใช้เวลาประมาณ 3 นาที



รูปภาพเมื่อทำการผ่าเพื่อดูแผลบริเวณในตับ

5.5.5 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองเมื่อนำแท่งอิเล็กโทรดแทงเข้าไปในบริเวณเนื้อเยื่อนั้น พบว่าจะสังเกตเห็นแผลบริเวณที่แท่งอิเล็กโทรดแทงเข้าไปได้ในระยะเวลาประมาณ 30 วินาที และเมื่อปล่อยเวลาผ่านไปก็จะทำให้แผลกว้างขึ้น จากการทดลองพบว่าเครื่องทำลายเนื้อเยื่อทำงานได้อย่างถูกต้อง และสามารถทำลายเนื้อเยื่อได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปผล ปัญหา และแนวทางแก้ไข

จากการทดลองจะเห็นว่า เครื่องทำลายเนื้อเยื่อเกิดความร้อนได้ตามต้องการและปรับกำลังงานของเครื่องได้ แต่กำลังงานที่ได้นั้นไม่สามารถหาค่าที่ถูกต้องได้โดยที่กำลังงานนี้สามารถปรับได้โดยปรับความต้านทานปรับค่าได้เป็นการปรับช่วงของรูปคลื่นที่ออกทางเอาต์พุทและเทอร์โมคัปเปิ้ลมีขนาดใหญ่เกินไป และมีความไวต่อความร้อนต่ำ จึงควรเปลี่ยนเทอร์โมคัปเปิ้ลที่มีขนาดเล็กลงอีก ดังนั้นจึงยังไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ แนวทางแก้ไขคือการควบคุมอุณหภูมิให้ได้โดยการที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมและสามารถปรับกำลังงานค่าที่ถูกต้องตามต้องการ โดยระบบต้องเป็นแบบอัตโนมัติ



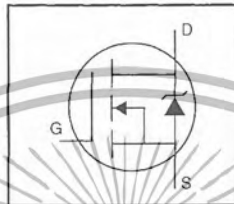


ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Isolated Central Mounting Hole
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements

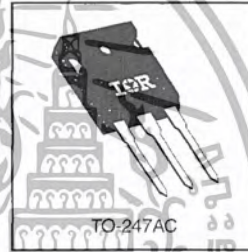


$V_{DSS} = 500V$
 $R_{DS(on)} = 0.27\Omega$
 $I_D = 20A$

Description

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

The TO-247 package is preferred for commercial industrial applications where higher power levels preclude the use of TO-220 devices. The TO-247 is similar but superior to the earlier TO-218 package because of its isolated mounting hole. It also provides greater creepage distance between pins to meet the requirements of most safety specifications.



DATA SHEETS

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	20	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$ Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	13	A
I_{DM} Pulsed Drain Current ①	80	A
$P_D @ T_C = 25^\circ C$ Power Dissipation	280	W
Linear Derating Factor	2.2	W/°C
V_{GS} Gate-to-Source Voltage	± 20	V
E_{AS} Single Pulse Avalanche Energy ②	960	mJ
I_{AR} Avalanche Current ①	20	A
E_{AR} Repetitive Avalanche Energy ①	28	mJ
dv/dt Peak Diode Recovery dv/dt ③	3.5	V/ns
T_J Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1 N•m)	

Thermal Resistance

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
R_{JC} Junction-to-Case	—	—	0.45	°C/W
$R_{\theta CS}$ Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.24	—	
R_{JA} Junction-to-Ambient	—	—	40	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRFP460



Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	500	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.63	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.27	Ω	$V_{GS}=10V, I_D=12A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
g_{fs}	Forward Transconductance	13	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=12A$ ④
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS}=500V, V_{GS}=0V$
		—	—	250		$V_{DS}=400V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100		$V_{GS}=-20V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	210	nC	$I_D=20A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	29		$V_{DS}=400V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	110		$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	18	—	ns	$V_{DD}=250V$
t_r	Rise Time	—	59	—		$I_D=20A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	110	—		$R_G=4.3\Omega$
t_f	Fall Time	—	58	—		$R_D=13\Omega$ See Figure 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	5.0	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	13	—		
C_{iss}	Input Capacitance	—	4200	—	pF	$V_{GS}=0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	870	—		$V_{DS}=25V$
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	—	350	—		$f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	20	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	80		
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.8	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=20A, V_{GS}=0V$ ④
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	570	860	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=20A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	5.7	8.6	μC	$di/dt=100A/\mu s$ ④
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ② $V_{DD}=50V$, starting $T_J=25^\circ\text{C}$, $L=4.3\text{mH}$, $R_G=25\Omega$, $I_{AS}=20A$ (See Figure 12)
- ③ $I_{SD}\leq 20A$, $di/dt\leq 160A/\mu s$, $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$, $T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

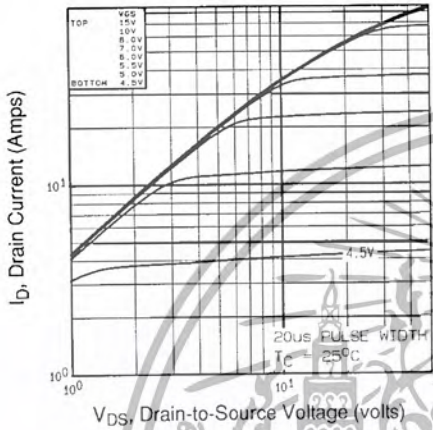


Fig 1. Typical Output Characteristics, $T_C=25^\circ\text{C}$

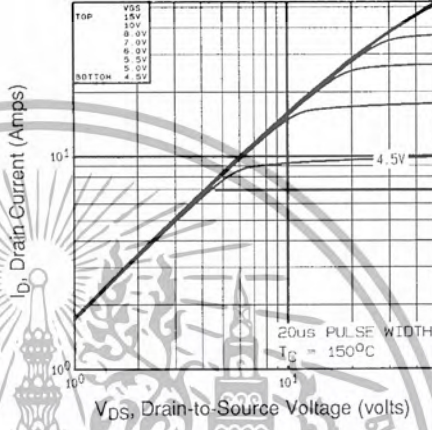


Fig 2. Typical Output Characteristics, $T_C=150^\circ\text{C}$

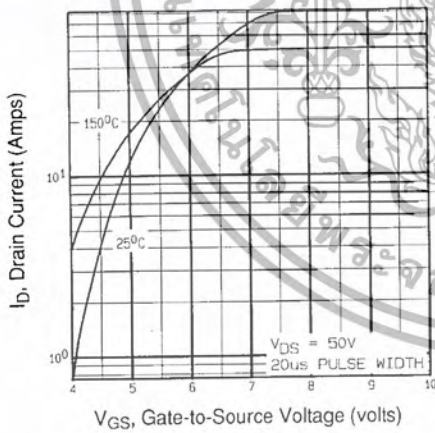


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

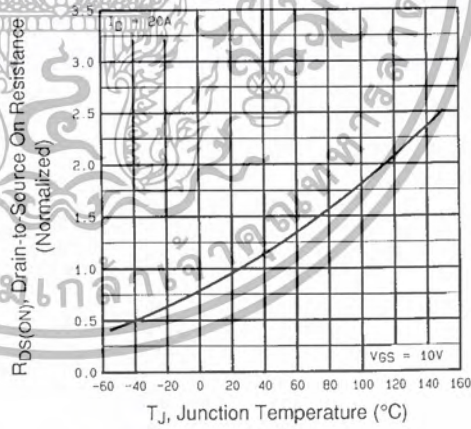


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

DATA SHEETS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

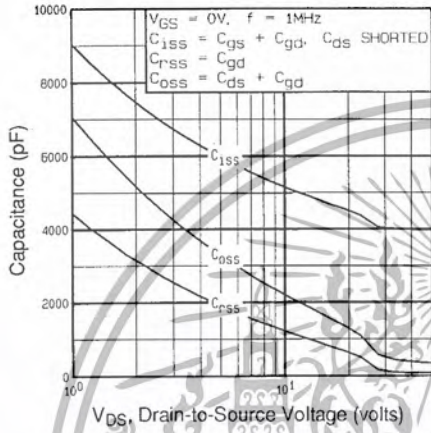


Fig 5. Typical Capacitance Vs. Drain-to-Source Voltage

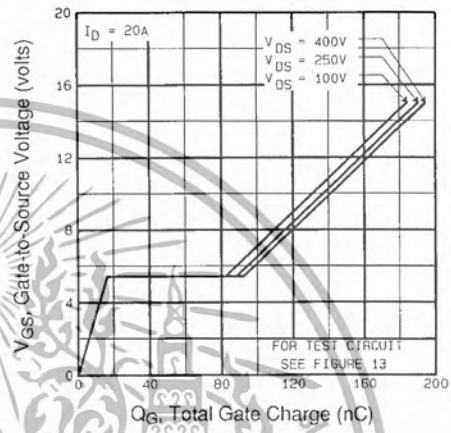


Fig 6. Typical Gate Charge Vs. Gate-to-Source Voltage

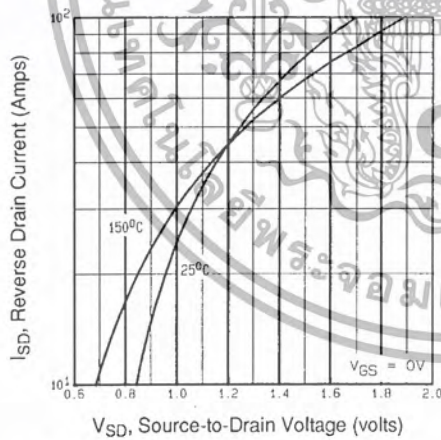


Fig 7. Typical Source-Drain Diode Forward Voltage

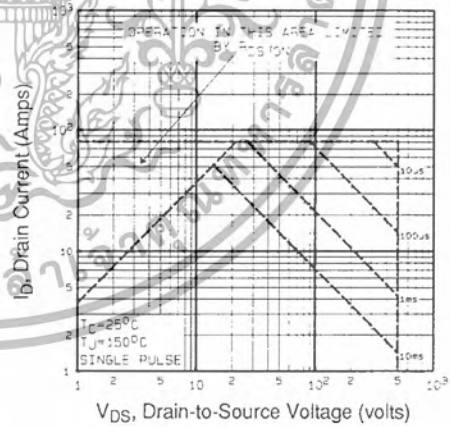


Fig 8. Maximum Safe Operating Area

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

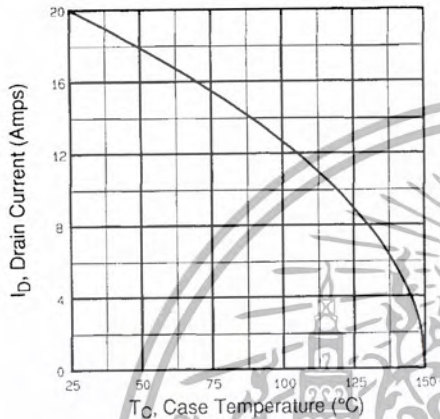


Fig 9. Maximum Drain Current Vs. Case Temperature

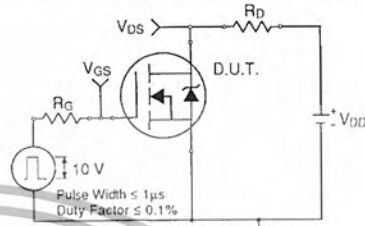


Fig 10a. Switching Time Test Circuit



Fig 10b. Switching Time Waveforms

DATA SHEETS

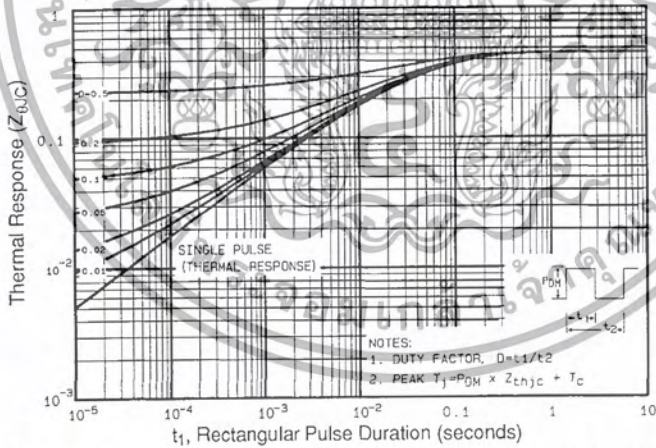


Fig 11. Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

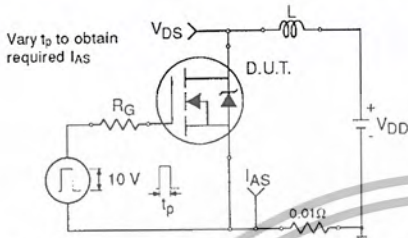


Fig 12a. Unclamped Inductive Test Circuit

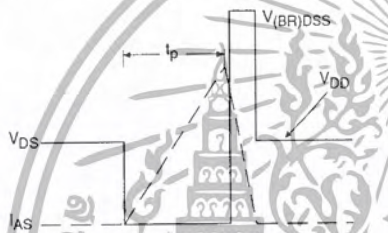


Fig 12b. Unclamped Inductive Waveforms

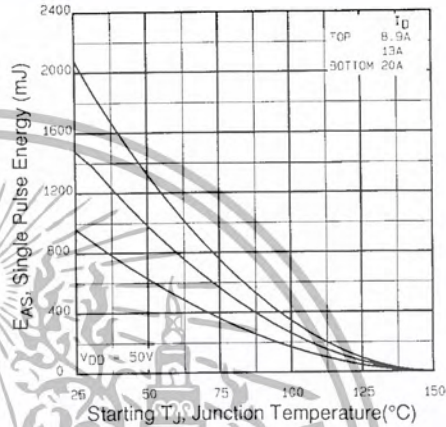


Fig 12c. Maximum Avalanche Energy Vs. Drain Current

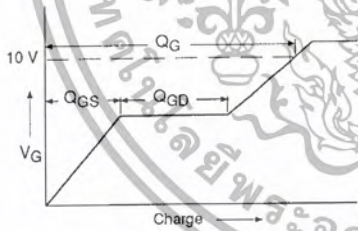


Fig 13a. Basic Gate Charge Waveform

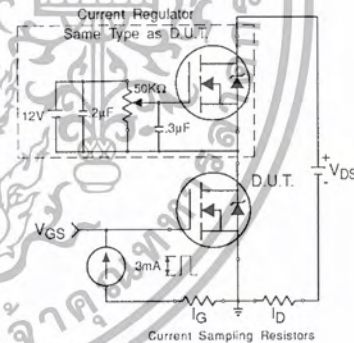


Fig 13b. Gate Charge Test Circuit

Appendix A: Figure 14, Peak Diode Recovery dv/dt Test Circuit – See page 1505

Appendix B: Package Outline Mechanical Drawing – See page 1511

Appendix C: Part Marking Information – See page 1517

International
IR Rectifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



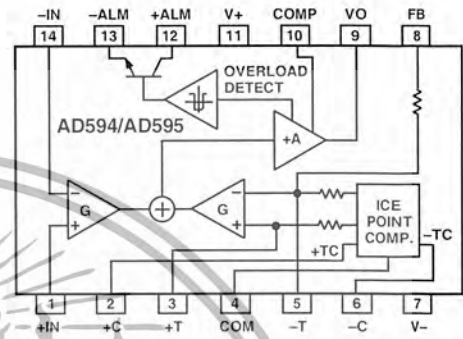
Monolithic Thermocouple Amplifiers with Cold Junction Compensation

AD594/AD595

FEATURES

- Pretrimmed for Type J (AD594) or Type K (AD595) Thermocouples
- Can Be Used with Type T Thermocouple Inputs
- Low Impedance Voltage Output: 10 mV/°C
- Built-In Ice Point Compensation
- Wide Power Supply Range: +5 V to ±15 V
- Low Power: <1 mW typical
- Thermocouple Failure Alarm
- Laser Wafer Trimmed to 1°C Calibration Accuracy
- Setpoint Mode Operation
- Self-Contained Celsius Thermometer Operation
- High Impedance Differential Input
- Side-Brazed DIP or Low Cost Cerdip

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



PRODUCT DESCRIPTION

The AD594/AD595 is a complete instrumentation amplifier and thermocouple cold junction compensator on a monolithic chip. It combines an ice point reference with a precalibrated amplifier to produce a high level (10 mV/°C) output directly from a thermocouple signal. Pin-strapping options allow it to be used as a linear amplifier-compensator or as a switched output setpoint controller using either fixed or remote setpoint control. It can be used to amplify its compensation voltage directly, thereby converting it to a stand-alone Celsius transducer with a low impedance voltage output.

The AD594/AD595 includes a thermocouple failure alarm that indicates if one or both thermocouple leads become open. The alarm output has a flexible format which includes TTL drive capability.

The AD594/AD595 can be powered from a single ended supply (including +5 V) and by including a negative supply, temperatures below 0°C can be measured. To minimize self-heating, an unloaded AD594/AD595 will typically operate with a total supply current 160 µA, but is also capable of delivering in excess of ±5 mA to a load.

The AD594 is precalibrated by laser wafer trimming to match the characteristic of type J (iron-constantan) thermocouples and the AD595 is laser trimmed for type K (chromel-alumel) inputs. The temperature transducer voltages and gain control resistors

are available at the package pins so that the circuit can be recalibrated for the thermocouple types by the addition of two or three resistors. These terminals also allow more precise calibration for both thermocouple and thermometer applications.

The AD594/AD595 is available in two performance grades. The C and the A versions have calibration accuracies of ±1°C and ±3°C, respectively. Both are designed to be used from 0°C to +50°C, and are available in 14-pin, hermetically sealed, side-brazed ceramic DIPs as well as low cost cerdip packages.

PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD594/AD595 provides cold junction compensation, amplification, and an output buffer in a single IC package.
2. Compensation, zero, and scale factor are all precalibrated by laser wafer trimming (LWT) of each IC chip.
3. Flexible pinout provides for operation as a setpoint controller or a stand-alone temperature transducer calibrated in degrees Celsius.
4. Operation at remote application sites is facilitated by low quiescent current and a wide supply voltage range +5 V to dual supplies spanning 30 V.
5. Differential input rejects common-mode noise voltage on the thermocouple leads.

REV. C

Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use, nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

One Technology Way, P.O. Box 9106, Norwood, MA 02062-9106, U.S.A.
Tel: 781/329-4700 World Wide Web Site: <http://www.analog.com>
Fax: 781/326-8703 © Analog Devices, Inc., 1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของ Analog Devices สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่หรือใช้งานในเชิงพาณิชย์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AD594/AD595—SPECIFICATIONS (@ +25°C and $V_S = 5\text{ V}$, Type J (AD594), Type K (AD595) Thermocouple, unless otherwise noted)

Model	AD594A			AD594C			AD595A			AD595C			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
ABSOLUTE MAXIMUM RATING													
+ V_S to - V_S	36			36			36			36			Volts
Common-Mode Input Voltage	- $V_S - 0.15$ to + V_S			- $V_S - 0.15$ to + V_S			- $V_S - 0.15$ to + V_S			- $V_S - 0.15$ to + V_S			Volts
Differential Input Voltage	- V_S to + V_S			- V_S to + V_S			- V_S to + V_S			- V_S to + V_S			Volts
Alarm Voltages													
+ALM	- V_S to - $V_S + 36$			- V_S to - $V_S + 36$			- V_S to - $V_S + 36$			- V_S to - $V_S + 36$			Volts
-ALM	- V_S to + V_S			- V_S to + V_S			- V_S to + V_S			- V_S to + V_S			Volts
Operating Temperature Range	-55 to +125			-55 to +125			-55 to +125			-55 to +125			°C
Output Short Circuit to Common	Indefinite			Indefinite			Indefinite			Indefinite			
TEMPERATURE MEASUREMENT (Specified Temperature Range 0°C to +50°C)													
Calibration Error at +25°C ¹	±3			±1			±3			±1			°C
Stability vs. Temperature ²	±0.05			±0.025			±0.05			±0.025			°C/°C
Gain Error	±1.5			±0.75			±1.5			±0.75			%
Nominal Transfer Function	10			10			10			10			mV/°C
AMPLIFIER CHARACTERISTICS													
Closed Loop Gain ³	193.4			193.4			247.3			247.3			
Input Offset Voltage	(Temperature in °C) × 51.70 μV/°C			(Temperature in °C) × 51.70 μV/°C			(Temperature in °C) × 40.44 μV/°C			(Temperature in °C) × 40.44 μV/°C			μV
Input Bias Current	0.1			0.1			0.1			0.1			μA
Differential Input Range	-10 to +10			-10 to +10			-10 to +10			-10 to +10			mV
Common-Mode Range	- $V_S - 0.15$ to + V_S			- $V_S - 0.15$ to + V_S			- $V_S - 0.15$ to + V_S			- $V_S - 0.15$ to + V_S			Volts
Common-Mode Sensitivity - RTO	10			10			10			10			mV/V
Power Supply Sensitivity - RTO	10			10			10			10			mV/V
Output Voltage Range													
Dual Supply	- $V_S + 2.5$ to + $V_S - 2$			- $V_S + 2.5$ to + $V_S - 2$			- $V_S + 2.5$ to + $V_S - 2$			- $V_S + 2.5$ to + $V_S - 2$			Volts
Single Supply	0 to + $V_S - 2$			0 to + $V_S - 2$			0 to + $V_S - 2$			0 to + $V_S - 2$			Volts
Usable Output Current ⁴	±5			±5			±5			±5			mA
3 dB Bandwidth	15			15			15			15			kHz
ALARM CHARACTERISTICS													
$V_{CE(SAT)}$ at 2 mA	0.3			0.3			0.5			0.5			Volts
Leakage Current	±1			±1			±1			±1			μA max
Operating Voltage at -ALM	- $V_S - 4$ to + $V_S - 4$			- $V_S - 4$ to + $V_S - 4$			- $V_S - 4$ to + $V_S - 4$			- $V_S - 4$ to + $V_S - 4$			Volts
Short Circuit Current	20			20			20			20			mA
POWER REQUIREMENTS													
Specified Performance													
Operating ⁵	+ $V_S = 5$, - $V_S = 0$ + V_S to - $V_S \leq 30$			+ $V_S = 5$, - $V_S = 0$ + V_S to - $V_S \leq 30$			+ $V_S = 5$, - $V_S = 0$ + V_S to - $V_S \leq 30$			+ $V_S = 5$, - $V_S = 0$ + V_S to - $V_S \leq 30$			Volts
Quiescent Current (No Load)													
+ V_S	160 300			160 300			160 300			160 300			μA
- V_S	100			100			100			100			μA
PACKAGE OPTION													
TO-116 (D-14)	AD594AD			AD594CD			AD595AD			AD595CD			
Cerdip (Q-14)	AD594AQ			AD594CQ			AD595AQ			AD595CQ			

NOTES
¹Calibrated for minimum error at +25°C using a thermocouple sensitivity of 51.7 μV/°C. Since a J type thermocouple deviates from this straight line approximation, the AD594 will normally read 3.1 mV when the measuring junction is at 0°C. The AD595 will similarly read 2.7 mV at 0°C.
²Defined as the slope of the line connecting the AD594/AD595 errors measured at 0°C and 50°C ambient temperature.
³Pin 8 shorted to Pin 9.
⁴Current Sink Capability in single supply configuration is limited to current drawn to ground through a 50 kΩ resistor at output voltages below 2.5 V.
⁵- V_S must not exceed -16.5 V.
 Specifications shown in **boldface** are tested on all production units at final electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels. All min and max specifications are guaranteed, although only those shown in **boldface** are tested on all production units.
 Specifications subject to change without notice.

INTERPRETING AD594/AD595 OUTPUT VOLTAGES

To achieve a temperature proportional output of 10 mV/°C and accurately compensate for the reference junction over the rated operating range of the circuit, the AD594/AD595 is gain trimmed to match the transfer characteristic of J and K type thermocouples at 25°C. For a type J output in this temperature range the TC is 51.70 μV/°C, while for a type K it is 40.44 μV/°C. The resulting gain for the AD594 is 193.4 (10 mV/°C divided by 51.7 μV/°C) and for the AD595 is 247.3 (10 mV/°C divided by 40.44 μV/°C). In addition, an absolute accuracy trim induces an input offset to the output amplifier characteristic of 16 μV for the AD594 and 11 μV for the AD595. This offset arises because the AD594/AD595 is trimmed for a 250 mV output while applying a 25°C thermocouple input.

Because a thermocouple output voltage is nonlinear with respect to temperature, and the AD594/AD595 linearly amplifies the

compensated signal, the following transfer functions should be used to determine the actual output voltages:

$$AD594\ output = (Type\ J\ Voltage + 16\ \mu V) \times 193.4$$

$$AD595\ output = (Type\ K\ Voltage + 11\ \mu V) \times 247.3\ or\ conversely:$$

$$Type\ J\ voltage = (AD594\ output / 193.4) - 16\ \mu V$$

$$Type\ K\ voltage = (AD595\ output / 247.3) - 11\ \mu V$$

Table I lists the ideal AD594/AD595 output voltages as a function of Celsius temperature for type J and K ANSI standard thermocouples, with the package and reference junction at 25°C. As is normally the case, these outputs are subject to calibration, gain and temperature sensitivity errors. Output values for intermediate temperatures can be interpolated, or calculated using the output equations and ANSI thermocouple voltage tables referred to zero degrees Celsius. Due to a slight variation in alloy content between ANSI type J and DIN FE-CUNI, the

Table I. Output Voltage vs. Thermocouple Temperature (Ambient +25°C, $V_S = -5\text{ V}, +15\text{ V}$)

Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV	Thermocouple Temperature °C	Type J Voltage mV	AD594 Output mV	Type K Voltage mV	AD595 Output mV
-200	-7.890	-1523	-5.891	-1454	500	27.388	5300	20.640	5107
-180	-7.402	-1428	-5.550	-1370	520	28.511	5517	21.493	5318
-160	-6.821	-1316	-5.141	-1269	540	29.642	5736	22.346	5529
-140	-6.159	-1188	-4.669	-1152	560	30.782	5956	23.198	5740
-120	-5.426	-1046	-4.138	-1021	580	31.933	6179	24.050	5950
-100	-4.632	-893	-3.553	-876	600	33.096	6404	24.902	6161
-80	-3.785	-729	-2.920	-719	620	34.273	6632	25.751	6371
-60	-2.892	-556	-2.243	-552	640	35.464	6862	26.599	6581
-40	-1.960	-376	-1.527	-375	660	36.671	7095	27.445	6790
-20	-0.995	-189	-0.777	-189	680	37.893	7332	28.288	6998
-10	-0.501	-94	-0.392	-94	700	39.130	7571	29.128	7206
0	0	3.1	0	2.7	720	40.382	7813	29.965	7413
10	.507	101	.397	101	740	41.647	8058	30.799	7619
20	1.019	200	.798	200	750	42.283	8181	31.214	7722
25	1.277	250	1.000	250	760	-	-	31.629	7825
30	1.536	300	1.203	300	780	-	-	32.455	8029
40	2.058	401	1.611	401	800	-	-	33.277	8232
50	2.585	503	2.022	503	820	-	-	34.095	8434
60	3.115	606	2.436	605	840	-	-	34.909	8636
80	4.186	813	3.266	810	860	-	-	35.718	8836
100	5.268	1022	4.095	1015	880	-	-	36.524	9035
120	6.359	1233	4.919	1219	900	-	-	37.325	9233
140	7.457	1445	5.733	1420	920	-	-	38.122	9430
160	8.560	1659	6.539	1620	940	-	-	38.915	9626
180	9.667	1873	7.338	1817	960	-	-	39.703	9821
200	10.777	2087	8.137	2015	980	-	-	40.488	10015
220	11.887	2302	8.938	2215	1000	-	-	41.269	10209
240	12.998	2517	9.745	2415	1020	-	-	42.045	10400
260	14.108	2732	10.560	2614	1040	-	-	42.817	10591
280	15.217	2946	11.381	2817	1060	-	-	43.585	10781
300	16.325	3160	12.207	3022	1080	-	-	44.339	10970
320	17.432	3374	13.039	3227	1100	-	-	45.108	11158
340	18.537	3588	13.874	3433	1120	-	-	45.863	11345
360	19.640	3801	14.712	3641	1140	-	-	46.612	11530
380	20.743	4015	15.552	3849	1160	-	-	47.356	11714
400	21.846	4228	16.395	4057	1180	-	-	48.095	11897
420	22.949	4441	17.241	4266	1200	-	-	48.828	12078
440	24.054	4655	18.088	4476	1220	-	-	49.555	12258
460	25.161	4869	18.938	4686	1240	-	-	50.276	12436
480	26.272	5084	19.788	4896	1250	-	-	50.633	12524

thermocouples Table I should not be used in conjunction with European standard thermocouples. Instead the transfer function given previously and a DIN thermocouple table should be used. ANSI type K and DIN NiCr-Ni thermocouples are composed

SINGLE AND DUAL SUPPLY CONNECTIONS

The AD594/AD595 is a completely self-contained thermocouple conditioner. Using a single +5 V supply the interconnections shown in Figure 1 will provide a direct output from a type J thermocouple (AD594) or type K thermocouple (AD595) measuring from 0°C to +300°C.

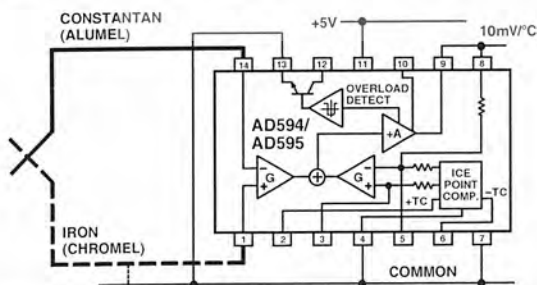


Figure 1. Basic Connection, Single Supply Operation

of identical alloys and exhibit similar behavior. The upper temperature limits in Table I are those recommended for type J and type K thermocouples by the majority of vendors.

Any convenient supply voltage from +5 V to +30 V may be used, with self-heating errors being minimized at lower supply levels. In the single supply configuration the +5 V supply connects to Pin 11 with the V- connection at Pin 7 strapped to power and signal common at Pin 4. The thermocouple wire inputs connect to Pins 1 and 14 either directly from the measuring point or through intervening connections of similar thermocouple wire type. When the alarm output at Pin 13 is not used it should be connected to common or -V. The precalibrated feedback network at Pin 8 is tied to the output at Pin 9 to provide a 10 mV/°C nominal temperature transfer characteristic.

By using a wider ranging dual supply, as shown in Figure 2, the AD594/AD595 can be interfaced to thermocouples measuring both negative and extended positive temperatures.

AD594/AD595

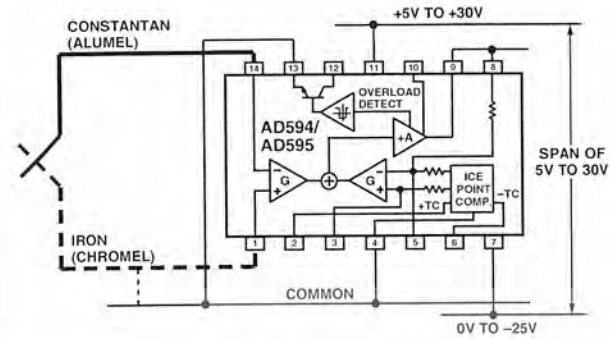


Figure 2. Dual Supply Operation

With a negative supply the output can indicate negative temperatures and drive grounded loads or loads returned to positive voltages. Increasing the positive supply from 5 V to 15 V extends the output voltage range well beyond the 750°C temperature limit recommended for type J thermocouples (AD594) and the 1250°C for type K thermocouples (AD595).

Common-mode voltages on the thermocouple inputs must remain within the common-mode range of the AD594/AD595, with a return path provided for the bias currents. If the thermocouple is not remotely grounded, then the dotted line connections in Figures 1 and 2 are recommended. A resistor may be needed in this connection to assure that common-mode voltages induced in the thermocouple loop are not converted to normal mode.

THERMOCOUPLE CONNECTIONS

The isothermal terminating connections of a pair of thermocouple wires forms an effective reference junction. This junction must be kept at the same temperature as the AD594/AD595 for the internal cold junction compensation to be effective.

A method that provides for thermal equilibrium is the printed circuit board connection layout illustrated in Figure 3.

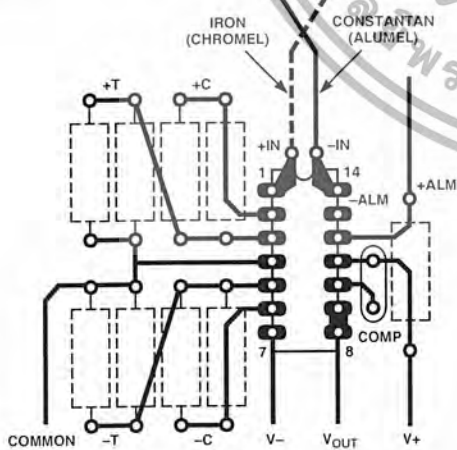


Figure 3. PCB Connections

Here the AD594/AD595 package temperature and circuit board are thermally contacted in the copper printed circuit board tracks under Pins 1 and 14. The reference junction is now composed of a copper-constantan (or copper-alumel) connection and copper-iron (or copper-chromel) connection, both of which are at the same temperature as the AD594/AD595.

The printed circuit board layout shown also provides for placement of optional alarm load resistors, recalibration resistors and a compensation capacitor to limit bandwidth.

To ensure secure bonding the thermocouple wire should be cleaned to remove oxidation prior to soldering. Noncorrosive rosin flux is effective with iron, constantan, chromel and alumel and the following solders: 95% tin-5% antimony, 95% tin-5% silver or 90% tin-10% lead.

FUNCTIONAL DESCRIPTION

The AD594 behaves like two differential amplifiers. The outputs are summed and used to control a high gain amplifier, as shown in Figure 4.

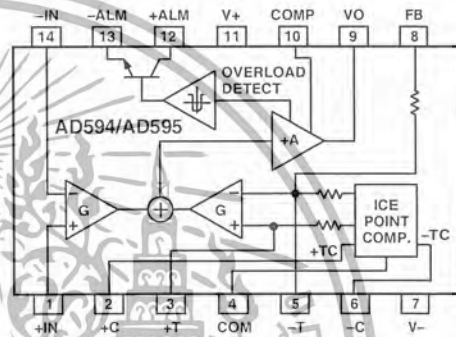


Figure 4. AD594/AD595 Block Diagram

In normal operation the main amplifier output, at Pin 9, is connected to the feedback network, at Pin 8. Thermocouple signals applied to the floating input stage, at Pins 1 and 14, are amplified by gain G of the differential amplifier and are then further amplified by gain A in the main amplifier. The output of the main amplifier is fed back to a second differential stage in an inverting connection. The feedback signal is amplified by this stage and is also applied to the main amplifier input through a summing circuit. Because of the inversion, the amplifier causes the feedback to be driven to reduce this difference signal to a small value. The two differential amplifiers are made to match and have identical gains, G. As a result, the feedback signal that must be applied to the right-hand differential amplifier will precisely match the thermocouple input signal when the difference signal has been reduced to zero. The feedback network is trimmed so that the effective gain to the output, at Pins 8 and 9, results in a voltage of 10 mV/°C of thermocouple excitation.

In addition to the feedback signal, a cold junction compensation voltage is applied to the right-hand differential amplifier. The compensation is a differential voltage proportional to the Celsius temperature of the AD594/AD595. This signal disturbs the differential input so that the amplifier output must adjust to restore the input to equal the applied thermocouple voltage.

The compensation is applied through the gain scaling resistors so that its effect on the main output is also 10 mV/°C. As a result, the compensation voltage adds to the effect of the thermocouple voltage a signal directly proportional to the difference between 0°C and the AD594/AD595 temperature. If the thermocouple reference junction is maintained at the AD594/AD595 temperature, the output of the AD594/AD595 will correspond to the reading that would have been obtained from amplification of a signal from a thermocouple referenced to an ice bath.

The AD594/AD595 also includes an input open circuit detector that switches on an alarm transistor. This transistor is actually a current-limited output buffer, but can be used up to the limit as a switch transistor for either pull-up or pull-down operation of external alarms.

The ice point compensation network has voltages available with positive and negative temperature coefficients. These voltages may be used with external resistors to modify the ice point compensation and recalibrate the AD594/AD595 as described in the next column.

The feedback resistor is separately pinned out so that its value can be padded with a series resistor, or replaced with an external resistor between Pins 5 and 9. External availability of the feedback resistor allows gain to be adjusted, and also permits the AD594/AD595 to operate in a switching mode for setpoint operation.

CAUTIONS:

The temperature compensation terminals (+C and -C) at Pins 2 and 6 are provided to supply small calibration currents only. The AD594/AD595 may be permanently damaged if they are grounded or connected to a low impedance.

The AD594/AD595 is internally frequency compensated for feedback ratios (corresponding to normal signal gain) of 75 or more. If a lower gain is desired, additional frequency compensation should be added in the form of a 300 pF capacitor from Pin 10 to the output at Pin 9. As shown in Figure 5 an additional 0.01 μ F capacitor between Pins 10 and 11 is recommended.

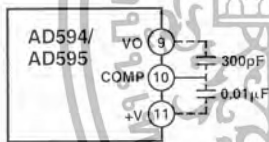


Figure 5. Low Gain Frequency Compensation

RECALIBRATION PRINCIPLES AND LIMITATIONS

The ice point compensation network of the AD594/AD595 produces a differential signal which is zero at 0°C and corresponds to the output of an ice referenced thermocouple at the temperature of the chip. The positive TC output of the circuit is proportional to Kelvin temperature and appears as a voltage at +T. It is possible to decrease this signal by loading it with a resistor from +T to COM, or increase it with a pull-up resistor from +T to the larger positive TC voltage at +C. Note that adjustments to +T should be made by measuring the voltage which tracks it at -T. To avoid destabilizing the feedback amplifier the measuring instrument should be isolated by a few thousand ohms in series with the lead connected to -T.

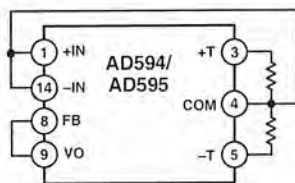


Figure 6. Decreased Sensitivity Adjustment

Changing the positive TC half of the differential output of the compensation scheme shifts the zero point away from 0°C. The zero can be restored by adjusting the current flow into the negative input of the feedback amplifier, the -T pin. A current into

this terminal can be produced with a resistor between -C and -T to balance an increase in +T, or a resistor from -T to COM to offset a decrease in +T.

If the compensation is adjusted substantially to accommodate a different thermocouple type, its effect on the final output voltage will increase or decrease in proportion. To restore the nominal output to 10 mV/°C the gain may be adjusted to match the new compensation and thermocouple input characteristics. When reducing the compensation the resistance between -T and COM automatically increases the gain to within 0.5% of the correct value. If a smaller gain is required, however, the nominal 47 k Ω internal feedback resistor can be paralleled or replaced with an external resistor.

Fine calibration adjustments will require temperature response measurements of individual devices to assure accuracy. Major reconfigurations for other thermocouple types can be achieved without seriously compromising initial calibration accuracy, so long as the procedure is done at a fixed temperature using the factory calibration as a reference. It should be noted that intermediate recalibration conditions may require the use of a negative supply.

EXAMPLE: TYPE E RECALIBRATION—AD594/AD595

Both the AD594 and AD595 can be configured to condition the output of a type E (chromel-constantan) thermocouple. Temperature characteristics of type E thermocouples differ less from type J, than from type K, therefore the AD594 is preferred for recalibration.

While maintaining the device at a constant temperature follow the recalibration steps given here. First, measure the device temperature by tying both inputs to common (or a selected common-mode potential) and connecting FB to VO. The AD594 is now in the stand alone Celsius thermometer mode. For this example assume the ambient is 24°C and the initial output VO is 240 mV. Check the output at VO to verify that it corresponds to the temperature of the device.

Next, measure the voltage -T at Pin 5 with a high impedance DVM (capacitance should be isolated by a few thousand ohms of resistance at the measured terminals). At 24°C the -T voltage will be about 8.3 mV. To adjust the compensation of an AD594 to a type E thermocouple a resistor, R1, should be connected between +T and +C, Pins 2 and 3, to raise the voltage at -T by the ratio of thermocouple sensitivities. The ratio for converting a type J device to a type E characteristic is:

$$r(AD594) = (60.9 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) / (51.7 \mu\text{V}/^\circ\text{C}) = 1.18$$

Thus, multiply the initial voltage measured at -T by r and experimentally determine the R1 value required to raise -T to that level. For the example the new -T voltage should be about 9.8 mV. The resistance value should be approximately 1.8 k Ω .

The zero differential point must now be shifted back to 0°C. This is accomplished by multiplying the original output voltage VO by r and adjusting the measured output voltage to this value by experimentally adding a resistor, R2, between -C and -T, Pins 5 and 6. The target output value in this case should be about 283 mV. The resistance value of R2 should be approximately 240 k Ω .

Finally, the gain must be recalibrated such that the output VO indicates the device's temperature once again. Do this by adding a third resistor, R3, between FB and -T, Pins 8 and 5. VO should now be back to the initial 240 mV reading. The resistance value

AD594/AD595

of R3 should be approximately 280 kΩ. The final connection diagram is shown in Figure 7. An approximate verification of the effectiveness of recalibration is to measure the differential gain to the output. For type E it should be 164.2.

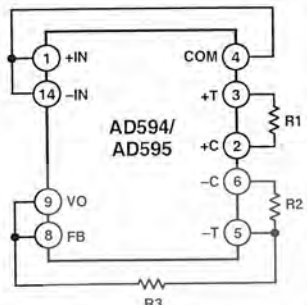


Figure 7. Type E Recalibration

When implementing a similar recalibration procedure for the AD595 the values for R1, R2, R3 and r will be approximately 650 Ω, 84 kΩ, 93 kΩ and 1.51, respectively. Power consumption will increase by about 50% when using the AD595 with type E inputs.

Note that during this procedure it is crucial to maintain the AD594/AD595 at a stable temperature because it is used as the temperature reference. Contact with fingers or any tools not at ambient temperature will quickly produce errors. Radiational heating from a change in lighting or approach of a soldering iron must also be guarded against.

USING TYPE T THERMOCOUPLES WITH THE AD595

Because of the similarity of thermal EMFs in the 0°C to +50°C range between type K and type T thermocouples, the AD595 can be directly used with both types of inputs. Within this ambient temperature range the AD595 should exhibit no more than an additional 0.2°C output calibration error when used with type T inputs. The error arises because the ice point compensator is trimmed to type K characteristics at 25°C. To calculate the AD595 output values over the recommended -200°C to +350°C range for type T thermocouples, simply use the ANSI thermocouple voltages referred to 0°C and the output equation given on page 2 for the AD595. Because of the relatively large nonlinearities associated with type T thermocouples the output will deviate widely from the nominal 10 mV/°C. However, cold junction compensation over the rated 0°C to +50°C ambient will remain accurate.

STABILITY OVER TEMPERATURE

Each AD594/AD595 is tested for error over temperature with the measuring thermocouple at 0°C. The combined effects of cold junction compensation error, amplifier offset drift and gain error determine the stability of the AD594/AD595 output over the rated ambient temperature range. Figure 8 shows an AD594/AD595 drift error envelope. The slope of this figure has units of °C/°C.

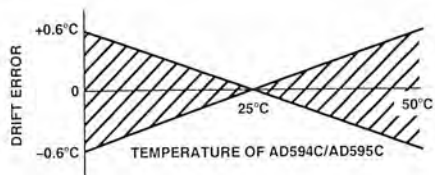


Figure 8. Drift Error vs. Temperature

THERMAL ENVIRONMENT EFFECTS

The inherent low power dissipation of the AD594/AD595 and the low thermal resistance of the package make self-heating errors almost negligible. For example, in still air the chip to ambient thermal resistance is about 80°C/watt (for the D package). At the nominal dissipation of 800 μW the self-heating in free air is less than 0.065°C. Submerged in fluorinert liquid (unstirred) the thermal resistance is about 40°C/watt, resulting in a self-heating error of about 0.032°C.

SETPOINT CONTROLLER

The AD594/AD595 can readily be connected as a setpoint controller as shown in Figure 9.

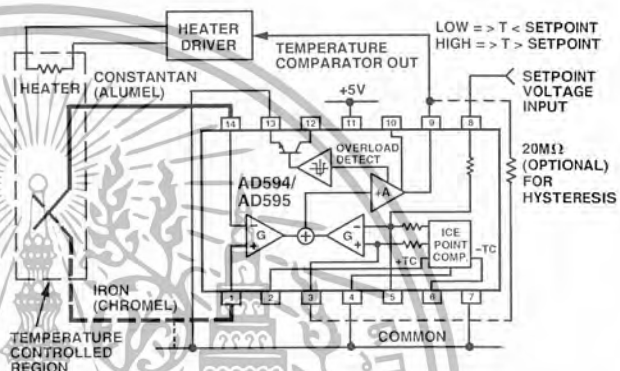


Figure 9. Setpoint Controller

The thermocouple is used to sense the unknown temperature and provide a thermal EMF to the input of the AD594/AD595. The signal is cold junction compensated, amplified to 10 mV/°C and compared to an external setpoint voltage applied by the user to the feedback at Pin 8. Table I lists the correspondence between setpoint voltage and temperature, accounting for the nonlinearity of the measurement thermocouple. If the setpoint temperature range is within the operating range (-55°C to +125°C) of the AD594/AD595, the chip can be used as the transducer for the circuit by shorting the inputs together and utilizing the nominal calibration of 10 mV/°C. This is the centigrade thermometer configuration as shown in Figure 13.

In operation if the setpoint voltage is above the voltage corresponding to the temperature being measured the output swings low to approximately zero volts. Conversely, when the temperature rises above the setpoint voltage the output switches to the positive limit of about 4 volts with a +5 V supply. Figure 9 shows the setpoint comparator configuration complete with a heater element driver circuit being controlled by the AD594/AD595 toggled output. Hysteresis can be introduced by injecting a current into the positive input of the feedback amplifier when the output is toggled high. With an AD594 about 200 nA into the +T terminal provides 1°C of hysteresis. When using a single 5 V supply with an AD594, a 20 MΩ resistor from VO to +T will supply the 200 nA of current when the output is forced high (about 4 V). To widen the hysteresis band decrease the resistance connected from VO to +T.

ALARM CIRCUIT

In all applications of the AD594/AD595 the $-ALM$ connection, Pin 13, should be constrained so that it is not more positive than $(V+) - 4V$. This can be most easily achieved by connecting Pin 13 to either common at Pin 4 or $V-$ at Pin 7. For most applications that use the alarm signal, Pin 13 will be grounded and the signal will be taken from $+ALM$ on Pin 12. A typical application is shown in Figure 10.

In this configuration the alarm transistor will be off in normal operation and the 20 k pull up will cause the $+ALM$ output on Pin 12 to go high. If one or both of the thermocouple leads are interrupted, the $+ALM$ pin will be driven low. As shown in Figure 10 this signal is compatible with the input of a TTL gate which can be used as a buffer and/or inverter.

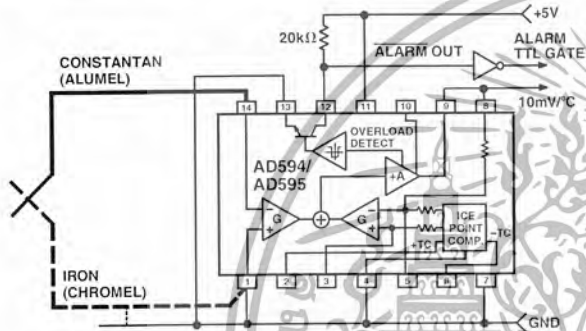


Figure 10. Using the Alarm to Drive a TTL Gate ("Grounded" Emitter Configuration)

Since the alarm is a high level output it may be used to directly drive an LED or other indicator as shown in Figure 11.

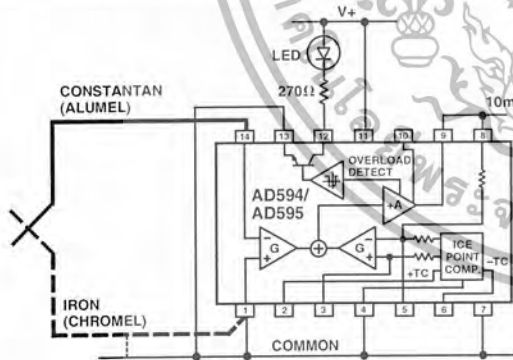


Figure 11. Alarm Directly Drives LED

A 270 Ω series resistor will limit current in the LED to 10 mA, but may be omitted since the alarm output transistor is current limited at about 20 mA. The transistor, however, will operate in a high dissipation mode and the temperature of the circuit will rise well above ambient. Note that the cold junction compensation will be affected whenever the alarm circuit is activated. The time required for the chip to return to ambient temperature will depend on the power dissipation of the alarm circuit, the nature of the thermal path to the environment and the alarm duration.

The alarm can be used with both single and dual supplies. It can be operated above or below ground. The collector and emitter of the output transistor can be used in any normal switch configuration. As an example a negative referenced load can be driven from $-ALM$ as shown in Figure 12.

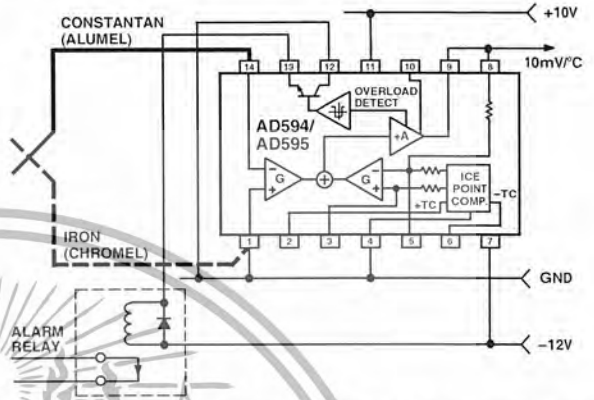


Figure 12. $-ALM$ Driving A Negative Referenced Load

The collector ($+ALM$) should not be allowed to become more positive than $(V-) + 36V$, however, it may be permitted to be more positive than $V+$. The emitter voltage ($-ALM$) should be constrained so that it does not become more positive than 4 volts below the $V+$ applied to the circuit.

Additionally, the AD594/AD595 can be configured to produce an extreme upscale or downscale output in applications where an extra signal line for an alarm is inappropriate. By tying either of the thermocouple inputs to common most runaway control conditions can be automatically avoided. A $+IN$ to common connection creates a downscale output if the thermocouple opens, while connecting $-IN$ to common provides an upscale output.

CELSIUS THERMOMETER

The AD594/AD595 may be configured as a stand-alone Celsius thermometer as shown in Figure 13.

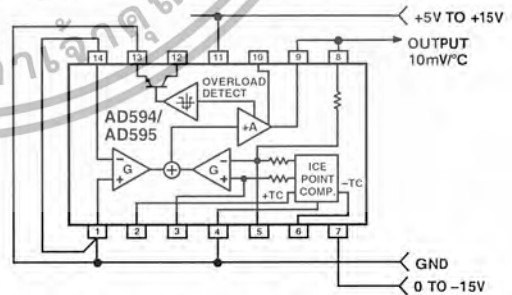


Figure 13. AD594/AD595 as a Stand-Alone Celsius Thermometer

Simply omit the thermocouple and connect the inputs (Pins 1 and 14) to common. The output now will reflect the compensation voltage and hence will indicate the AD594/AD595 temperature with a scale factor of 10 mV/ $^{\circ}C$. In this three terminal, voltage output, temperature sensing mode, the AD594/AD595 will operate over the full military $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$ temperature range.

AD594/AD595

THERMOCOUPLE BASICS

Thermocouples are economical and rugged; they have reasonably good long-term stability. Because of their small size, they respond quickly and are good choices where fast response is important. They function over temperature ranges from cryogenics to jet-engine exhaust and have reasonable linearity and accuracy.

Because the number of free electrons in a piece of metal depends on both temperature and composition of the metal, two pieces of dissimilar metal in isothermal and contact will exhibit a potential difference that is a repeatable function of temperature, as shown in Figure 14. The resulting voltage depends on the temperatures, T1 and T2, in a repeatable way.

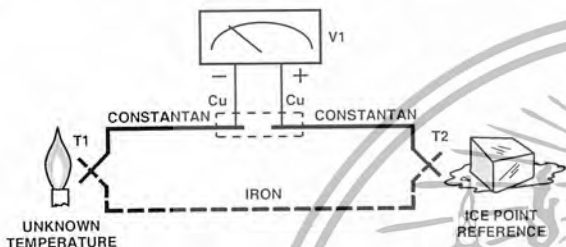


Figure 14. Thermocouple Voltage with 0°C Reference

Since the thermocouple is basically a differential rather than absolute measuring device, a known reference temperature is required for one of the junctions if the temperature of the other is to be inferred from the output voltage. Thermocouples made of specially selected materials have been exhaustively characterized in terms of voltage versus temperature compared to primary temperature standards. Most notably the water-ice point of 0°C is used for tables of standard thermocouple performance.

An alternative measurement technique, illustrated in Figure 15, is used in most practical applications where accuracy requirements do not warrant maintenance of primary standards. The reference junction temperature is allowed to change with the environment of the measurement system, but it is carefully measured by some type of absolute thermometer. A measurement of the thermocouple voltage combined with a knowledge of the reference temperature can be used to calculate the measurement junction temperature. Usual practice, however, is to use a convenient thermoelectric method to measure the reference temperature

and to arrange its output voltage so that it corresponds to a thermocouple referred to 0°C. This voltage is simply added to the thermocouple voltage and the sum then corresponds to the standard voltage tabulated for an ice-point referenced thermocouple.

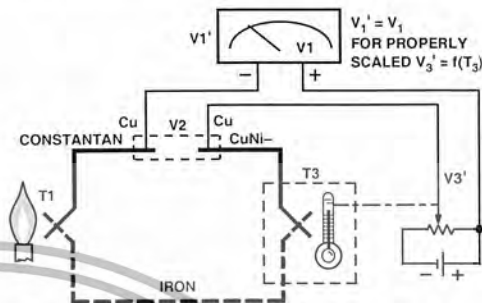


Figure 15. Substitution of Measured Reference Temperature for Ice Point Reference

The temperature sensitivity of silicon integrated circuit transistors is quite predictable and repeatable. This sensitivity is exploited in the AD594/AD595 to produce a temperature related voltage to compensate the reference of "cold" junction of a thermocouple as shown in Figure 16.

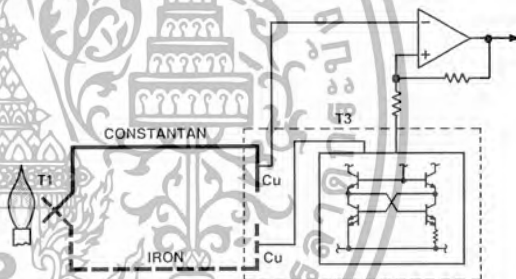


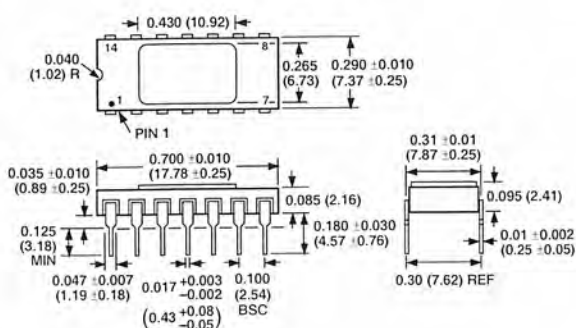
Figure 16. Connecting Isothermal Junctions

Since the compensation is at the reference junction temperature, it is often convenient to form the reference "junction" by connecting directly to the circuit wiring. So long as these connections and the compensation are at the same temperature no error will result.

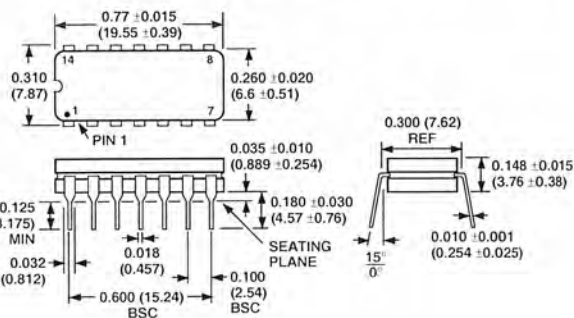
OUTLINE DIMENSIONS

Dimensions shown in inches and (mm).

TO-116 (D) Package



Cerdip (Q) Package



IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

HIGH AND LOW SIDE DRIVER

Features

- Floating channel designed for bootstrap operation
Fully operational to +500V or +600V
Tolerant to negative transient voltage
dV/dt immune
- Gate drive supply range from 10 to 20V
- Undervoltage lockout for both channels
- 3.3V logic compatible
Separate logic supply range from 3.3V to 20V
Logic and power ground $\pm 5V$ offset
- CMOS Schmitt-triggered inputs with pull-down
- Cycle by cycle edge-triggered shutdown logic
- Matched propagation delay for both channels
- Outputs in phase with inputs
- Also available LEAD-FREE

Product Summary

V_{OFFSET} (IR2110)	500V max.
(IR2113)	600V max.
$I_{\text{O}+/-}$	2A / 2A
V_{OUT}	10 - 20V
$t_{\text{on/off}}$ (typ.)	120 & 94 ns
Delay Matching (IR2110)	10 ns max.
(IR2113)	20ns max.

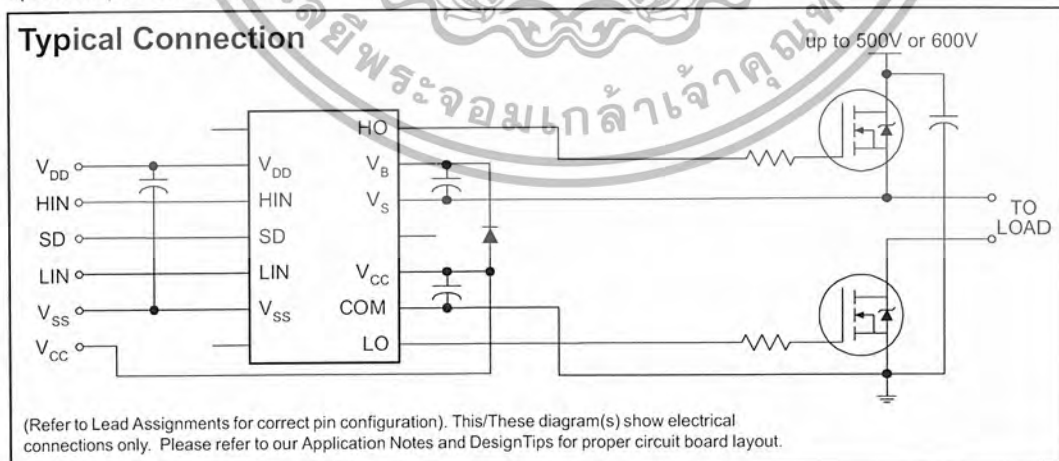
Description

The IR2110/IR2113 are high voltage, high speed power MOSFET and IGBT drivers with independent high and low side referenced output channels. Proprietary HVIC and latch immune CMOS technologies enable ruggedized monolithic construction. Logic inputs are compatible with standard CMOS or LSTTL output, down to 3.3V logic. The output drivers feature a high pulse current buffer stage designed for minimum driver cross-conduction. Propagation delays are matched to simplify use in high frequency applications. The floating channel can be used to drive an N-channel power MOSFET or IGBT in the high side configuration which operates up to 500 or 600 volts.

Packages



Typical Connection



IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

International
IR Rectifier

Absolute Maximum Ratings

Absolute maximum ratings indicate sustained limits beyond which damage to the device may occur. All voltage parameters are absolute voltages referenced to COM. The thermal resistance and power dissipation ratings are measured under board mounted and still air conditions. Additional information is shown in Figures 28 through 35.

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units
V _B	High side floating supply voltage (IR2110)	-0.3	525	V
	(IR2113)	-0.3	625	
V _S	High side floating supply offset voltage	V _B - 25	V _B + 0.3	
V _{HO}	High side floating output voltage	V _S - 0.3	V _B + 0.3	
V _{CC}	Low side fixed supply voltage	-0.3	25	
V _{LO}	Low side output voltage	-0.3	V _{CC} + 0.3	
V _{DD}	Logic supply voltage	-0.3	V _{SS} + 25	
V _{SS}	Logic supply offset voltage	V _{CC} - 25	V _{CC} + 0.3	
V _{IN}	Logic input voltage (HIN, LIN & SD)	V _{SS} - 0.3	V _{DD} + 0.3	
dV _S /dt	Allowable offset supply voltage transient (figure 2)		50	
P _D	Package power dissipation @ T _A ≤ +25°C	(14 lead DIP)	1.6	W
		(16 lead SOIC)	1.25	
R _{THJA}	Thermal resistance, junction to ambient	(14 lead DIP)	75	°C/W
		(16 lead SOIC)	100	
T _J	Junction temperature		150	°C
T _S	Storage temperature	-55	150	
T _L	Lead temperature (soldering, 10 seconds)		300	

Recommended Operating Conditions

The input/output logic timing diagram is shown in figure 1. For proper operation the device should be used within the recommended conditions. The V_S and V_{SS} offset ratings are tested with all supplies biased at 15V differential. Typical ratings at other bias conditions are shown in figures 36 and 37.

Symbol	Definition	Min.	Max.	Units
V _B	High side floating supply absolute voltage	V _S + 10	V _S + 20	V
V _S	High side floating supply offset voltage (IR2110)	Note 1	500	
	(IR2113)	Note 1	600	
V _{HO}	High side floating output voltage	V _S	V _B	
V _{CC}	Low side fixed supply voltage	10	20	
V _{LO}	Low side output voltage	0	V _{CC}	
V _{DD}	Logic supply voltage	V _{SS} + 3	V _{SS} + 20	
V _{SS}	Logic supply offset voltage	-5 (Note 2)	5	
V _{IN}	Logic input voltage (HIN, LIN & SD)	V _{SS}	V _{DD}	
T _A	Ambient temperature	-40	125	°C

Note 1: Logic operational for V_S of -4 to +500V. Logic state held for V_S of -4V to -V_{BS}. (Please refer to the Design Tip DT97-3 for more details).

Note 2: When V_{DD} < 5V, the minimum V_{SS} offset is limited to -V_{DD}.

Dynamic Electrical Characteristics

V_{BIAS} (V_{CC} , V_{BS} , V_{DD}) = 15V, C_L = 1000 pF, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The dynamic electrical characteristics are measured using the test circuit shown in Figure 3.

Symbol	Definition	Figure	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
t_{on}	Turn-on propagation delay	7	—	120	150	ns	$V_S = 0V$
t_{off}	Turn-off propagation delay	8	—	94	125		$V_S = 500V/600V$
t_{sd}	Shutdown propagation delay	9	—	110	140		$V_S = 500V/600V$
t_r	Turn-on rise time	10	—	25	35		
t_f	Turn-off fall time	11	—	17	25		
MT	Delay matching, HS & LS turn-on/off	(IR2110) (IR2113)	—	—	10 20		

Static Electrical Characteristics

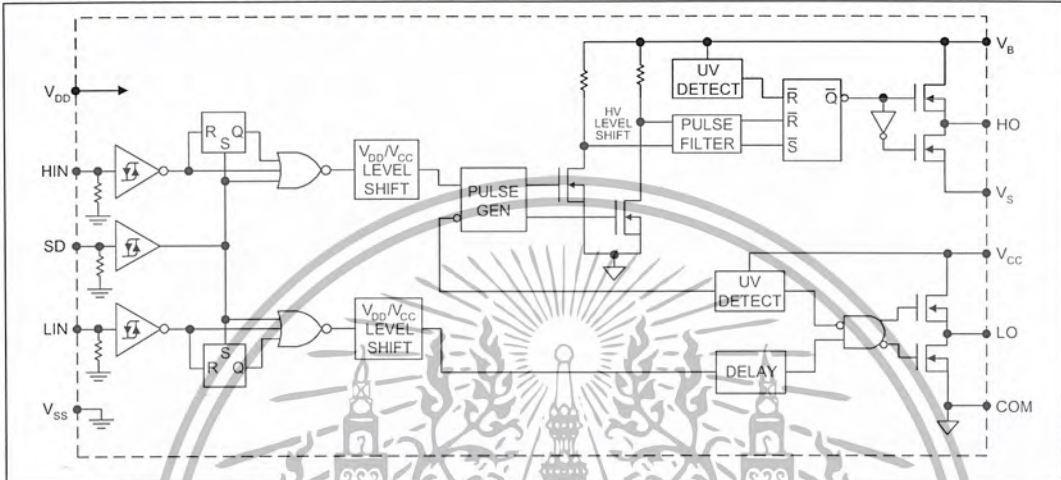
V_{BIAS} (V_{CC} , V_{BS} , V_{DD}) = 15V, T_A = 25°C and V_{SS} = COM unless otherwise specified. The V_{IH} , V_{TH} and I_{IN} parameters are referenced to V_{SS} and are applicable to all three logic input leads: HIN, LIN and SD. The V_O and I_O parameters are referenced to COM and are applicable to the respective output leads: HO or LO.

Symbol	Definition	Figure	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
V_{IH}	Logic "1" input voltage	12	9.5	—	—	V	
V_{IL}	Logic "0" input voltage	13	—	—	6.0		
V_{OH}	High level output voltage, $V_{BIAS} - V_O$	14	—	—	1.2		$I_O = 0A$
V_{OL}	Low level output voltage, V_O	15	—	—	0.1		$I_O = 0A$
I_{LK}	Offset supply leakage current	16	—	—	50		$V_B = V_S = 500V/600V$
I_{QBS}	Quiescent V_{BS} supply current	17	—	125	230	μA	$V_{IN} = 0V$ or V_{DD}
I_{QCC}	Quiescent V_{CC} supply current	18	—	180	340		$V_{IN} = 0V$ or V_{DD}
I_{QDD}	Quiescent V_{DD} supply current	19	—	15	30		$V_{IN} = 0V$ or V_{DD}
I_{IN+}	Logic "1" input bias current	20	—	20	40		$V_{IN} = V_{DD}$
I_{IN-}	Logic "0" input bias current	21	—	—	1.0	$V_{IN} = 0V$	
V_{BSUV+}	V_{BS} supply undervoltage positive going threshold	22	7.5	8.6	9.7	V	
V_{BSUV-}	V_{BS} supply undervoltage negative going threshold	23	7.0	8.2	9.4		
V_{CCUV+}	V_{CC} supply undervoltage positive going threshold	24	7.4	8.5	9.6		
V_{CCUV-}	V_{CC} supply undervoltage negative going threshold	25	7.0	8.2	9.4		
I_{O+}	Output high short circuit pulsed current	26	2.0	2.5	—	A	$V_O = 0V$, $V_{IN} = V_{DD}$ $PW \leq 10 \mu s$
I_{O-}	Output low short circuit pulsed current	27	2.0	2.5	—		$V_O = 15V$, $V_{IN} = 0V$ $PW \leq 10 \mu s$

IR2110(s)/IR2113(S) & (PbF)

International
IR Rectifier

Functional Block Diagram



Lead Definitions

Symbol	Description
V _{DD}	Logic supply
HIN	Logic input for high side gate driver output (HO), in phase
SD	Logic input for shutdown
LIN	Logic input for low side gate driver output (LO), in phase
V _{SS}	Logic ground
V _B	High side floating supply
HO	High side gate drive output
V _S	High side floating supply return
V _{CC}	Low side supply
LO	Low side gate drive output
COM	Low side return

Lead Assignments

<p>14 Lead PDIP</p>	<p>16 Lead SOIC (Wide Body) (Also available LEAD-FREE (PbF))</p>
IR2110/IR2113	IR2110S/IR2113S
Part Number	

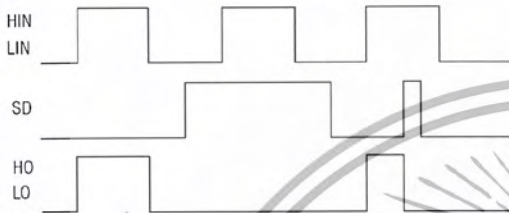


Figure 1. Input/Output Timing Diagram

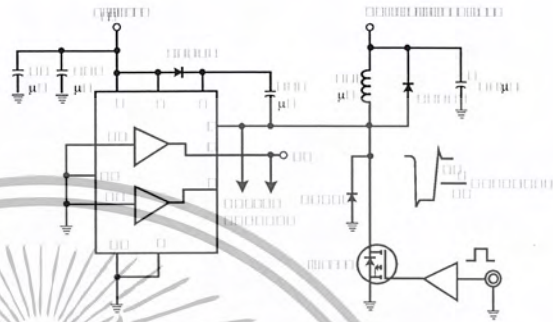


Figure 2. Floating Supply Voltage Transient Test Circuit

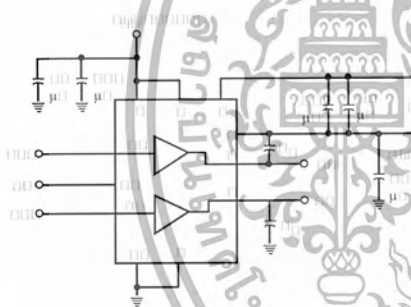


Figure 3. Switching Time Test Circuit

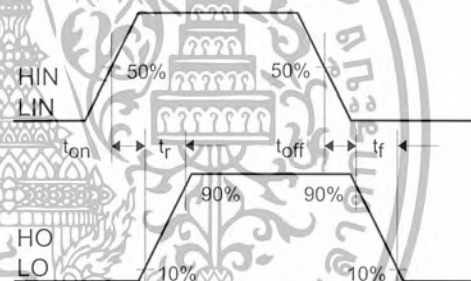


Figure 4. Switching Time Waveform Definition

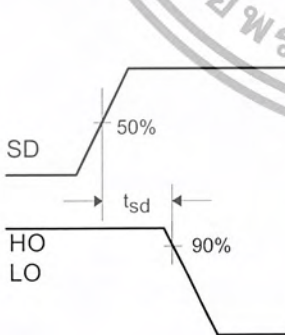


Figure 5. Shutdown Waveform Definitions

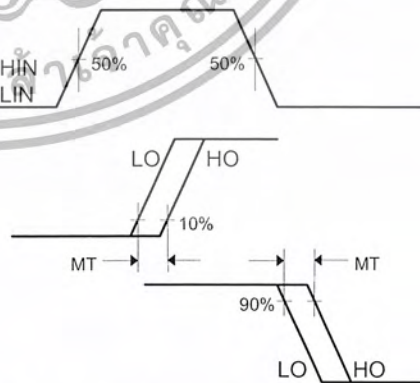


Figure 6. Delay Matching Waveform Definitions

IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

International
IR Rectifier

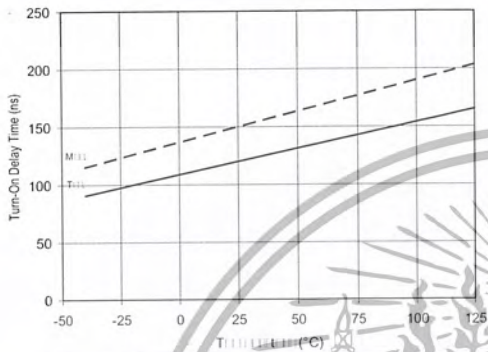


Figure 7A. Turn-On Time vs. Temperature

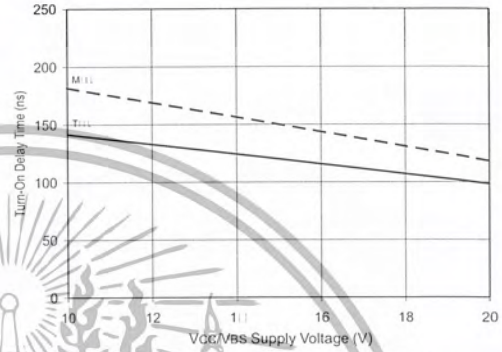


Figure 7B. Turn-On Time vs. Vcc/Vbs Supply Voltage

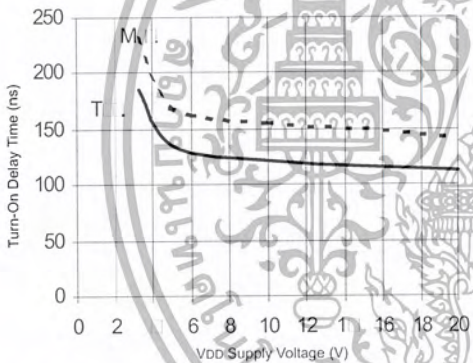


Figure 7C. Turn-On Time vs. VDD Supply Voltage

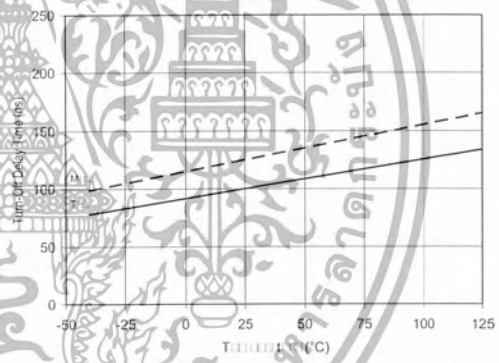


Figure 8A. Turn-Off Time vs. Temperature

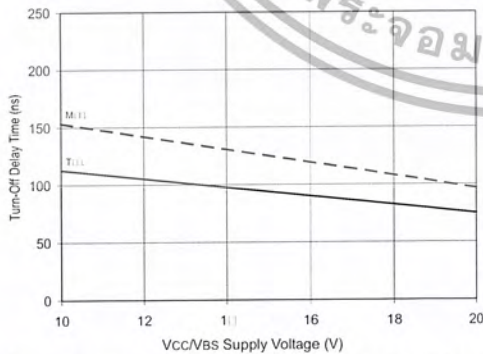


Figure 8B. Turn-Off Time vs. Vcc/Vbs Supply Voltage

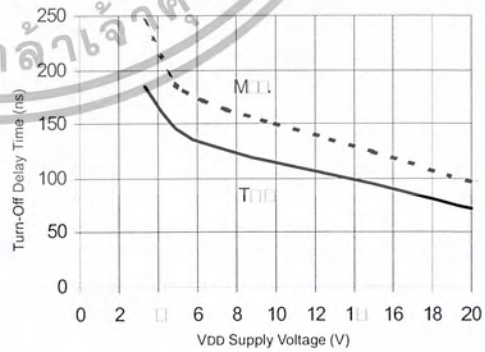


Figure 8C. Turn-Off Time vs. VDD Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

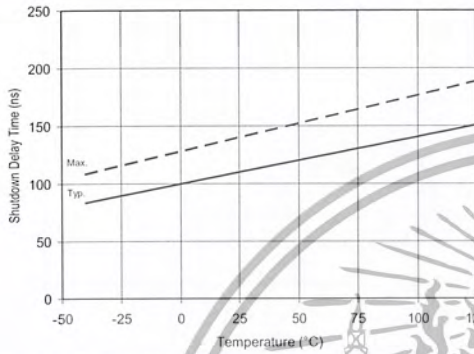


Figure 9A. Shutdown Time vs. Temperature

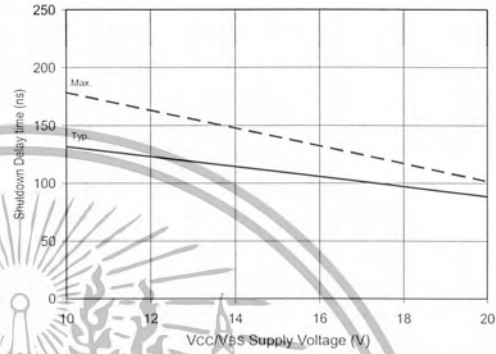


Figure 9B. Shutdown Time vs. Vcc/Vbs Supply Voltage

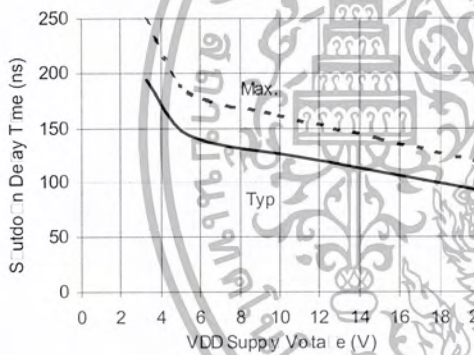


Figure 9C. Shutdown Time vs. VDD Supply Voltage

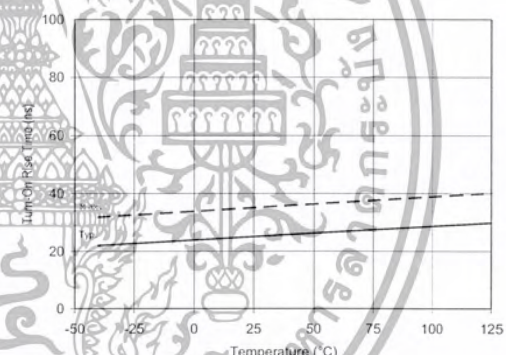


Figure 10A. Turn-On Rise Time vs. Temperature

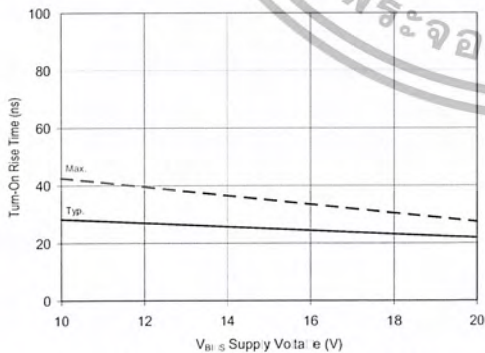


Figure 10B. Turn-On Rise Time vs. Voltage

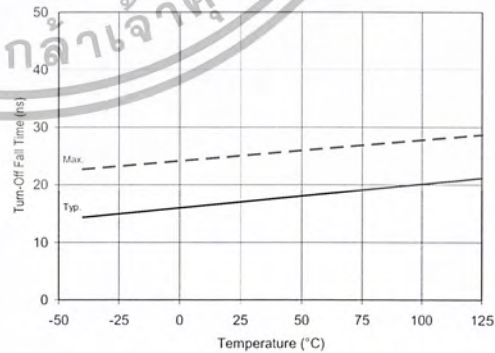


Figure 11A. Turn-Off Fall Time vs. Temperature

IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

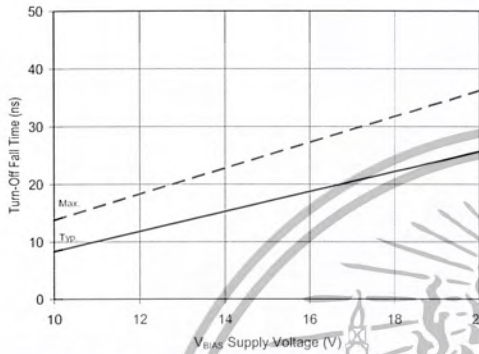


Figure 11B. Turn-Off Fall Time vs. Voltage

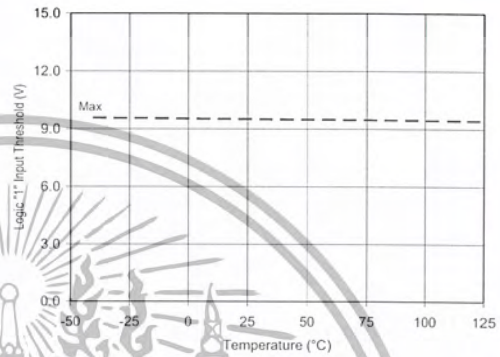


Figure 12A. Logic "1" Input Threshold vs. Temperature

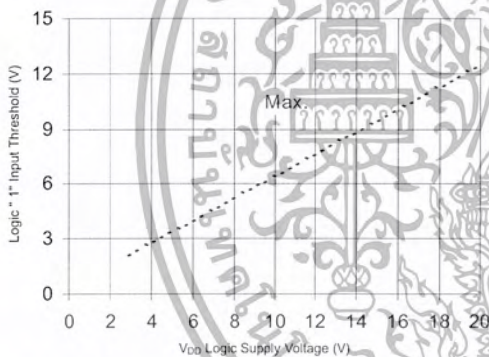


Figure 12B. Logic "1" Input Threshold vs. Voltage



Figure 13A. Logic "0" Input Threshold vs. Temperature

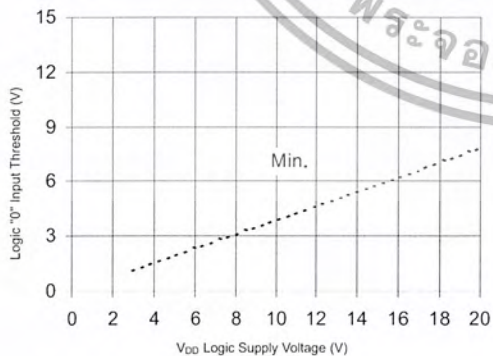


Figure 13B. Logic "0" Input Threshold vs. Voltage

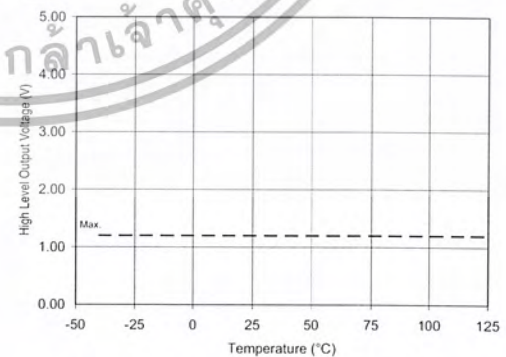


Figure 14A. High Level Output vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

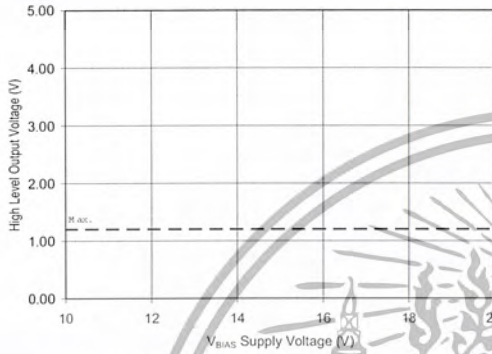


Figure 14B. High Level Output vs. Voltage

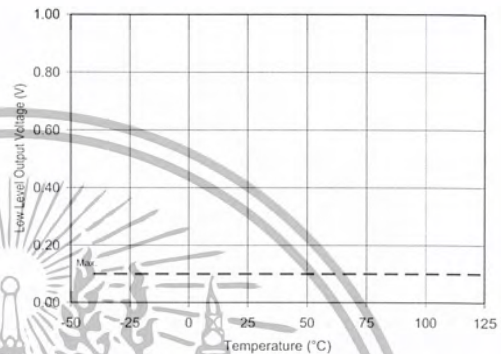


Figure 15A. Low Level Output vs. Temperature

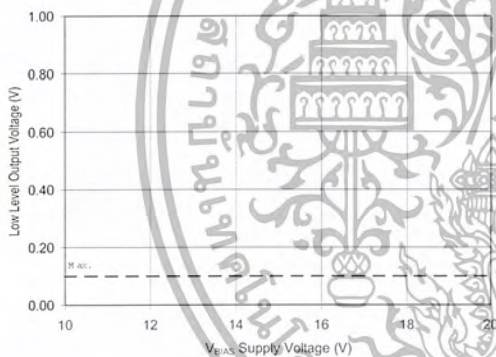


Figure 15B. Low Level Output vs. Voltage

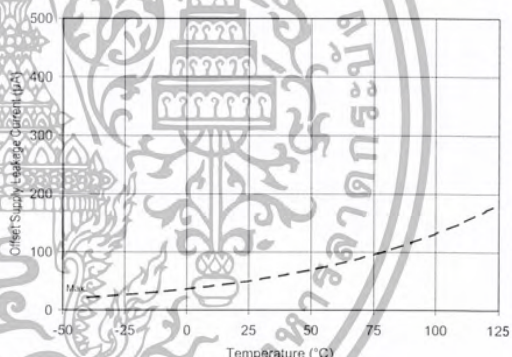


Figure 16A. Offset Supply Current vs. Temperature

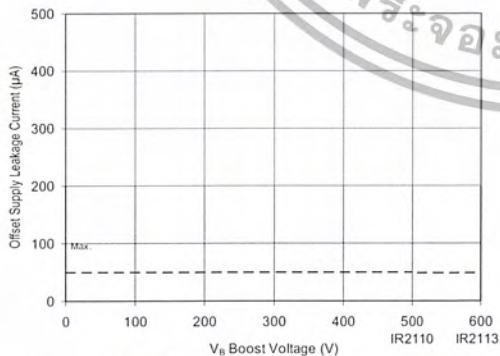


Figure 16B. Offset Supply Current vs. Voltage

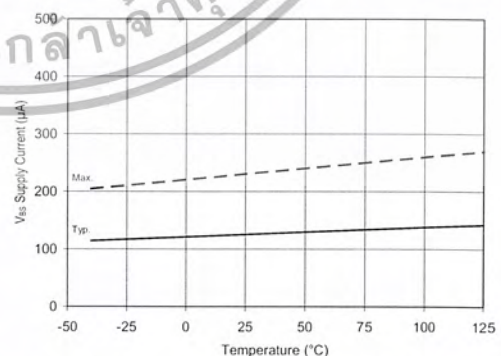


Figure 17A. VBS Supply Current vs. Temperature

IR2110(s)/IR2113(S) & (PbF)

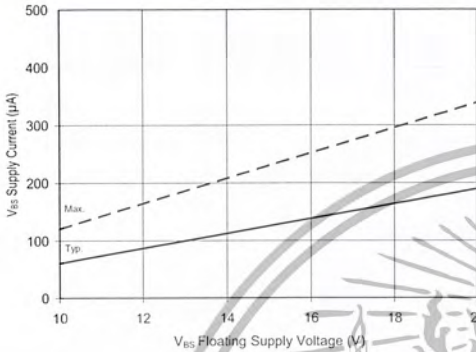


Figure 17B. V_{BS} Supply Current vs. Voltage

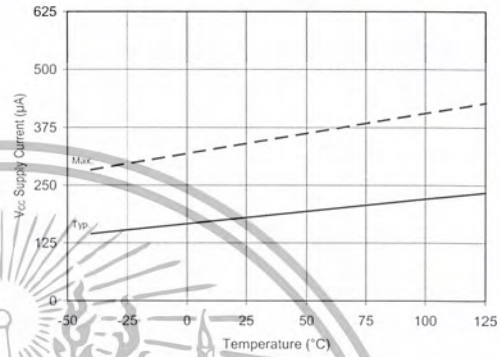


Figure 18A. V_{CC} Supply Current vs. Temperature

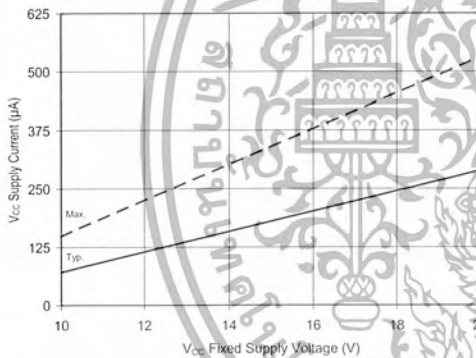


Figure 18B. V_{CC} Supply Current vs. Voltage

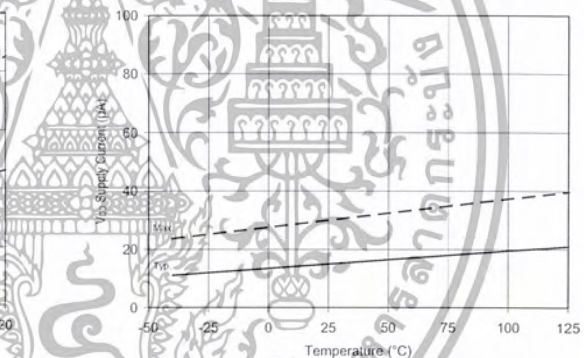


Figure 19A. V_{DD} Supply Current vs. Temperature

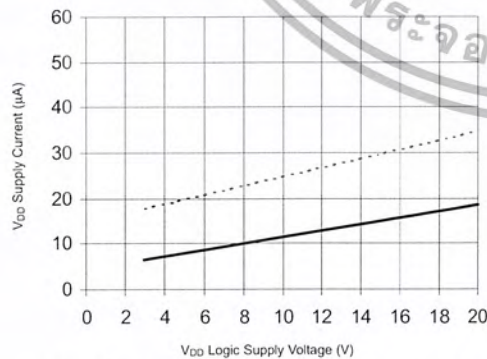


Figure 19B. V_{DD} Supply Current vs. V_{DD} Voltage

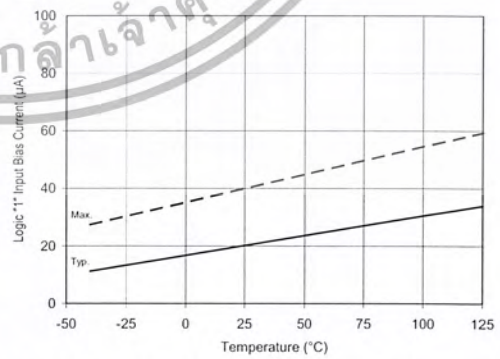


Figure 20A. Logic "1" Input Current vs. Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

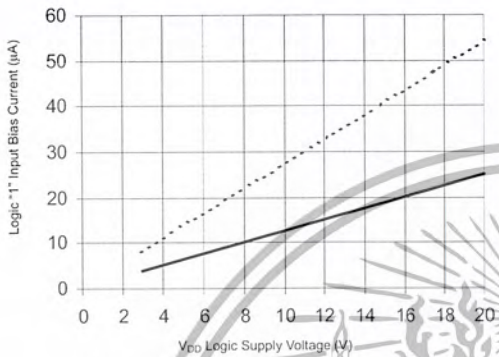


Figure 20B. Logic "1" Input Current vs. V_{DD} Voltage

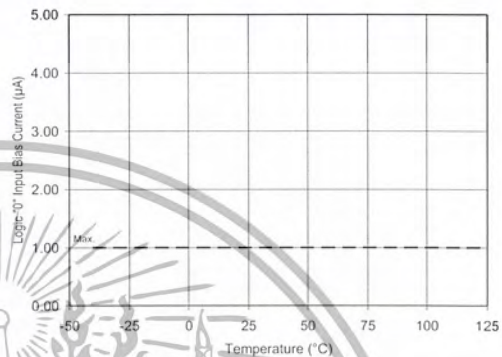


Figure 21A. Logic "0" Input Current vs. Temperature

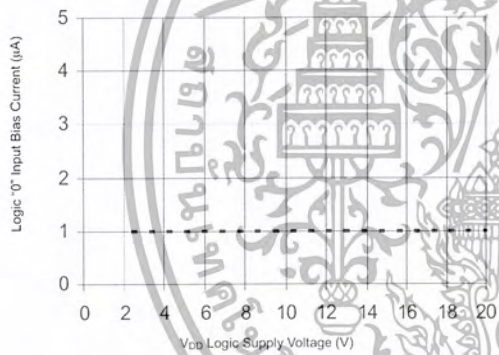


Figure 21B. Logic "0" Input Current vs. V_{DD} Voltage

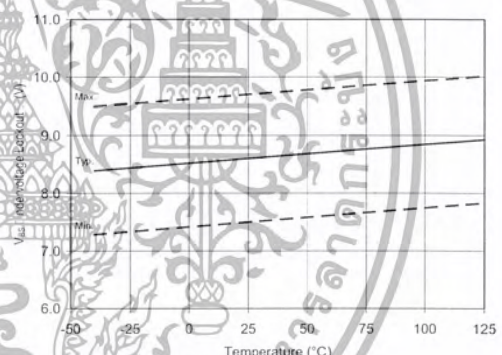


Figure 22. V_{BS} Undervoltage (+) vs. Temperature

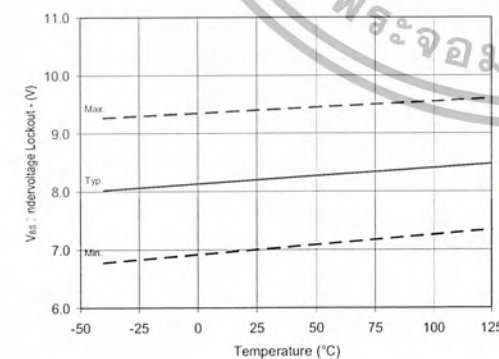


Figure 23. V_{BS} Undervoltage (-) vs. Temperature

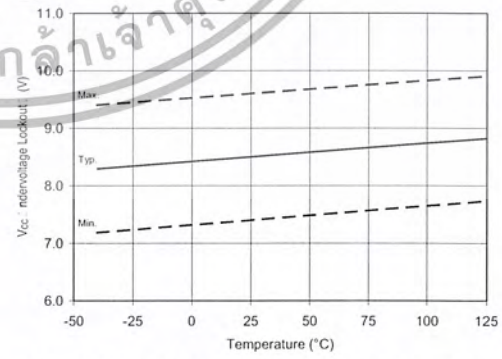


Figure 24. V_{CC} Undervoltage (+) vs. Temperature

IR2110(s)/IR2113(S) & (PbF)

International
IR Rectifier

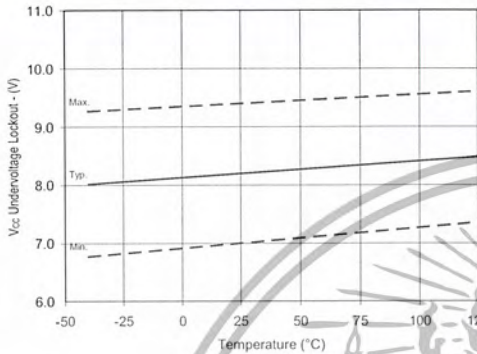


Figure 25. V_{CC} Undervoltage Lockout (V) vs. Temperature

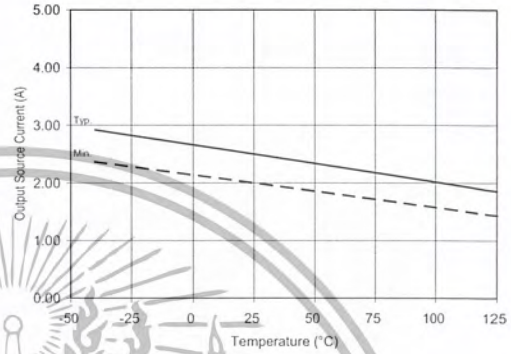


Figure 26A. Output Source Current vs. Temperature

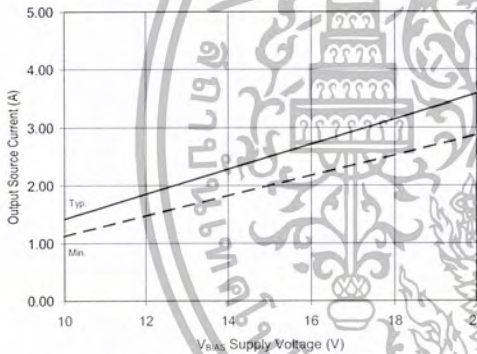


Figure 26B. Output Source Current vs. Voltage



Figure 27A. Output Sink Current vs. Temperature

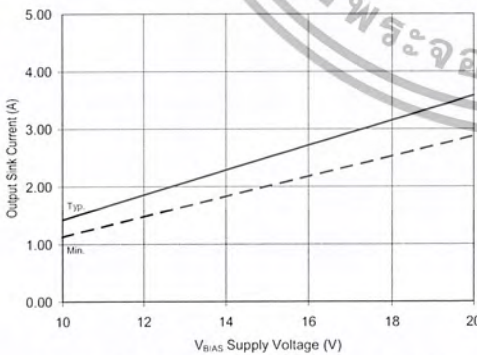


Figure 27B. Output Sink Current vs. Voltage

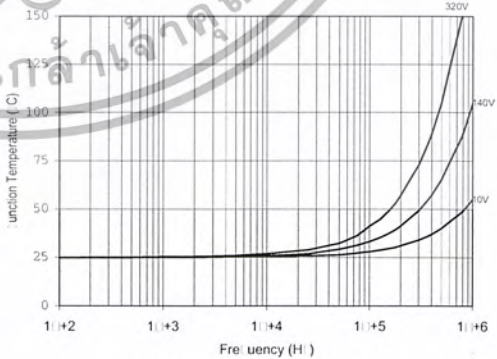


Figure 28. IR2110/IR2113 T_j vs. Frequency (IRFBC20) $R_{GATE} = 33\Omega$, $V_{CC} = 15V$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

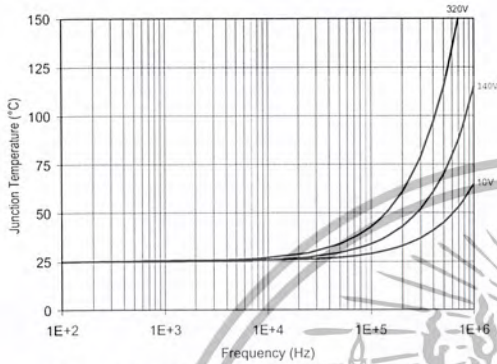


Figure 29. IR2110/IR2113 T_J vs. Frequency (IRFBC30) $R_{GATE} = 22\Omega$, $V_{CC} = 15V$

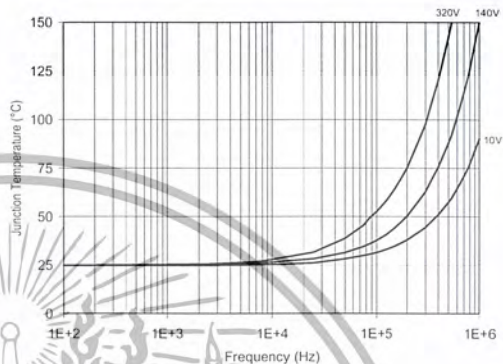


Figure 30. IR2110/IR2113 T_J vs. Frequency (IRFBC40) $R_{GATE} = 15\Omega$, $V_{CC} = 15V$

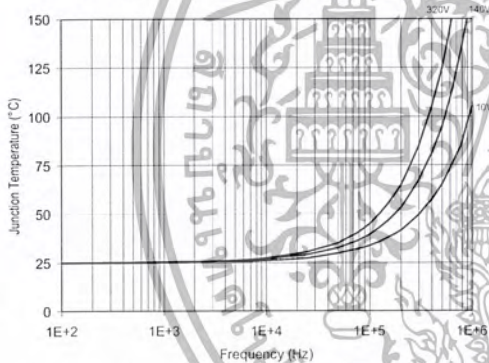


Figure 31. IR2110/IR2113 T_J vs. Frequency (IRFPE50) $R_{GATE} = 10\Omega$, $V_{CC} = 15V$

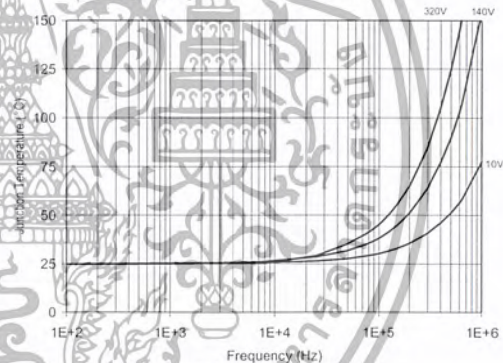


Figure 32. IR2110S/IR2113S T_J vs. Frequency (IRFBC20) $R_{GATE} = 33\Omega$, $V_{CC} = 15V$

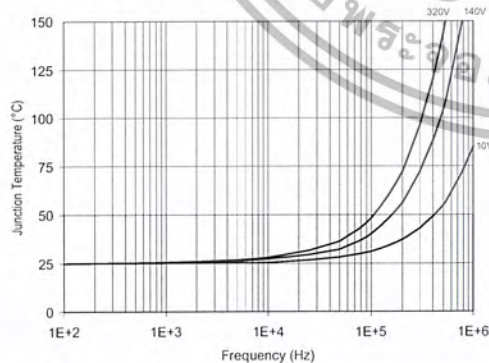


Figure 33. IR2110S/IR2113S T_J vs. Frequency (IRFBC30) $R_{GATE} = 22\Omega$, $V_{CC} = 15V$

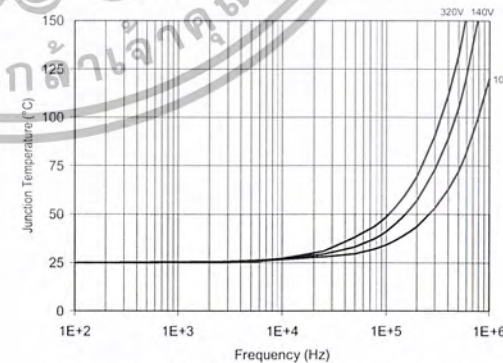


Figure 34. IR2110S/IR2113S T_J vs. Frequency (IRFBC40) $R_{GATE} = 15\Omega$, $V_{CC} = 15V$

IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

International
 Rectifier

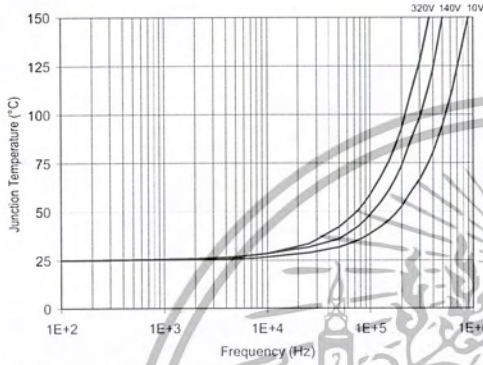


Figure 35. IR2110S/IR2113S T_j vs. Frequency (IRFPE50)
 $R_{GATE} = 10\Omega$, $V_{CC} = 15V$

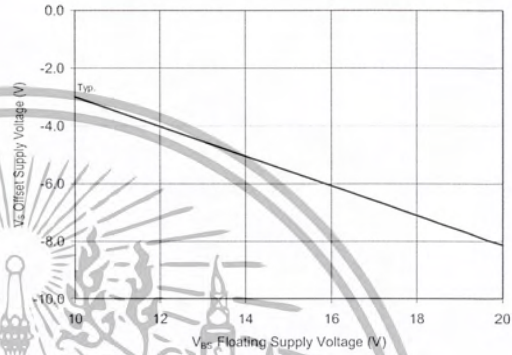


Figure 36. Maximum V_{ds} Negative Offset vs. V_{ss} Supply Voltage

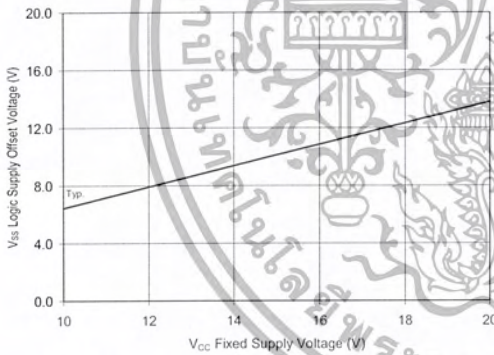
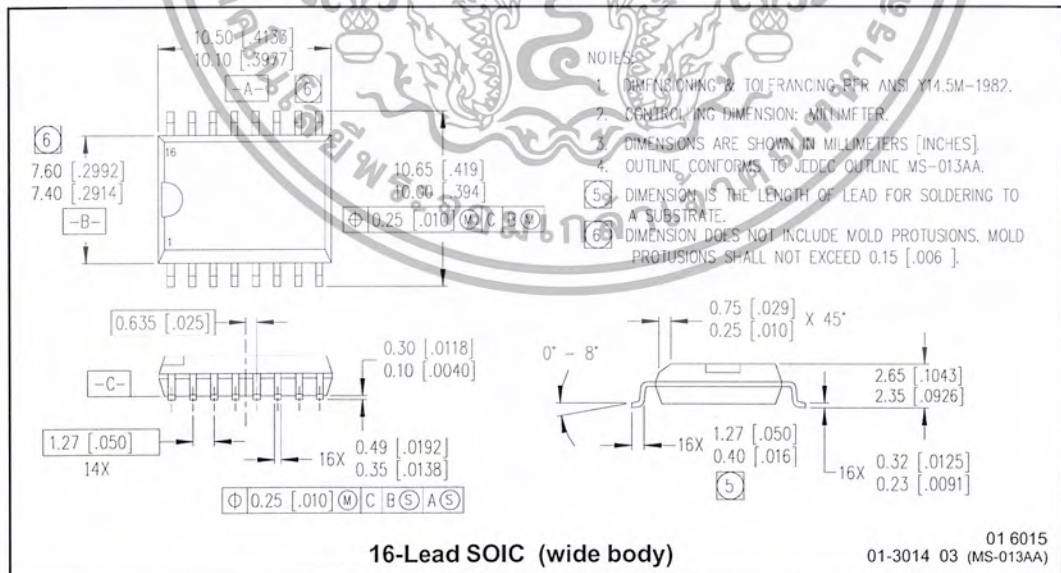
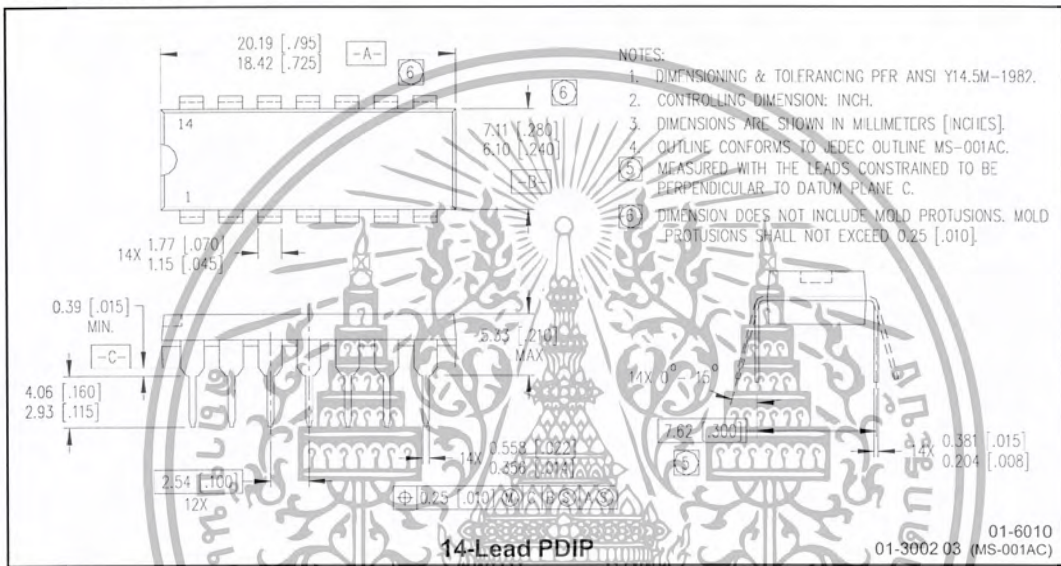


Figure 37. Maximum V_{ss} Positive Offset vs. V_{cc} Supply Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Case Outlines



IR2110(S)/IR2113(S) & (PbF)

International
IR Rectifier

LEADFREE PART MARKING INFORMATION



ORDER INFORMATION

Basic Part (Non-Lead Free)

- 10-Lead □ DI□ IR□ 110 order IR□ 110 □□
- 10-Lead □ DI□ IR□ 11□ order IR□ 11□ □□
- 10-Lead SOIC IR□ 110S order IR□ 110S □□
- 10-Lead SOIC IR□ 11□ S order IR□ 11□ S □□

Leadfree Part

- 10-Lead □ DI□ IR□ 110 order IR□ 110 □□ F
- 10-Lead □ DI□ IR□ 11□ order IR□ 11□ □□ F
- 10-Lead SOIC IR□ 110S order IR□ 110S □□ F
- 10-Lead SOIC IR□ 11□ S order IR□ 11□ S □□ F

International
IR Rectifier

IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245 Tel: (310) 252-7105

This product has been qualified per industrial level

Data and specifications subject to change without notice. 4/2/2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณพ่อ-แม่ และสมาชิกในครอบครัวที่ให้กำลังใจและมีแต่ความปรารถนาดีตลอดมา
ขอขอบพระคุณอาจารย์สุพันธุ์เป็นอย่างสูง สำหรับคำปรึกษาในการทำโครงการนี้
ขอขอบคุณพี่และเพื่อนๆที่ให้กำลังใจและคำปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. พรจิต ประทุมสุวรรณ, เซ็นเซอร์และทรานสดิวเซอร์ ,เรือนแก้วการพิมพ์ , 2541
2. Darold Wobschall, Electronic instrument, New York : McGraw-Hill, c1987
3. “คู่มือเทียบเบอร์ไอซี TTL ” ,สำนักพิมพ์ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัดมหาชน
4. ประเมษฐ์ ประนยานันท์ “คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51”, สำนักพิมพ์ ซีเอ็ด
5. ชัยวัฒน์ ลิมพรจิตรวิไล “เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ” ,สำนักพิมพ์ บริษัท อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์
6. Bronzino, Joseph D “Biomedical engineering and instrumentation”, Imprint Boston,1986

