



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การทดสอบชิ้นงานไอซีด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ
Automatic temperature bench testing control via GPIB

นายวรกันต์ รักรณรงค์

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560



รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

การทดสอบชิ้นงานไอซีด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

Automatic temperature bench testing control via GPIB

นายวรกันต์ รักรณรงค์

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระเจ้าเกล้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2560

ชื่อโครงการสหกิจศึกษา การทดสอบชิ้นงานไอซีด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ

ชื่อ-นามสกุล นักศึกษา นายวรกันต์ รักรณรงค์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

อาจารย์นิเทศ อ.ชินภัทร นันทจิวงกรชัย และ อ.เกรียงไกร สุขสุด

ผู้นิเทศงาน นายเอกราช น้อยสอน

สถานประกอบการ บริษัท เอ็นเอ็กซ์ที แมนูแฟคเจอร์ริง (ไทยแลนด์) จำกัด

บทคัดย่อ

การจัดทำโปรเจกต์ครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์หลักออกแบบและเขียนโปรแกรมสำหรับใช้ควบคุมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ(Thermo-stream) ด้วย GPIB code และสาธิตนำไปใช้ได้ในการปฏิบัติงานจริงในการทดสอบ DC-bench measurement โดยใช้ร่วมกับเครื่อง Semiconductor device analyzer B1500A ที่สามารถใช้ในการวัดค่าพารามิเตอร์ทางกระแสตรงได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การทำ DC-bench measurement เป็นหนึ่งในขั้นตอนของ Product characterization เพื่อเป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์บางค่าที่ไม่สามารถหาได้ด้วยเครื่องทดสอบ โดยการทดสอบส่วนใหญ่จะมีเรื่องของการทดสอบที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่ -40°C จนถึง $+125^{\circ}\text{C}$ เพื่อให้ประหยัดเวลาและทรัพยากร จึงได้เขียน GPIB Code ขึ้นเพื่อสั่งให้เครื่อง B1500A สามารถติดต่อกับเครื่องควบคุมอุณหภูมิได้ และทำการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ แบบอัตโนมัติในทุกๆ อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้ โดยที่ผู้ทดลองไม่ต้องคอยเฝ้าเครื่องเป็นเวลานานๆ อีกต่อไป

ผลการทดลองทดสอบเปรียบเทียบระหว่างแบบ Manual test แบบเดิม และ แบบ Automatic temperature แบบใหม่ พบว่า การทดสอบแบบ Automatic temperature โดยใช้ GPIB code สามารถช่วยประหยัดเวลาในการทดสอบและทำให้บริษัทสามารถประหยัดทรัพยากรได้ รวมไปถึงสามารถเพิ่มปริมาณงานที่ได้ให้กับบริษัทได้อีกด้วย

คำสำคัญ : DC-Bench measurement , GPIB code

Cooperative Title: Automatic temperature bench testing control via GPIB

Student intern name: Mr.Worakan Rukronnarong

Faculty: Engineering **Department:** Electronic

Advisor name: Chinnapat Nantajiwakornchai and Kriangkrai Suksut

Mentor name: Mr.Ekkaraj Noison

Company: NXP Manufacturing (Thailand) Co., Ltd.

ABSTRACT

The main purposes of this project were to design and write program to control thermo-stream machine via GPIB code and could really use in the real working in DC-Bench measurement with the Semiconductor device analyzer B1500A machine for high accuracy and correctly. DC-Bench measurement was one of Product characterization process and had purpose to measure some parameter that could not measure in tester machine. In many of DC-Bench measurement was needed to test over the temperature at $-40^{\circ}\text{C} - 125^{\circ}\text{C}$. To save the time and the resource, so this project would create GPIB code to command between the parameter analyzer B1500A machine and thermo-stream machine could communicated for each other and measured the parameter by automatic system with the custom input temperature. The experimenter would no longer stay so long time at the front of machine anymore.

The results from the old manual test method and the new automatic temperature test method found that the new automatic temperature test by using GPIB code was used lower test time and could made the way to help company saved the resource including to increase more product working or other workload for the company.

Keywords: DC-Bench measurement , GPIB code

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำโครงงานสหกิจศึกษาปีการศึกษา 2560 เรื่องการทดสอบชิ้นงาน ไอซีด้วยระบบควบคุม อุลตราโซนิก โน้มติ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บริษัท เอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอร์ริง (ไทยแลนด์) จำกัด และบุคลากรแผนก PE/TE SP logic creation รวมไปถึงอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานทุกท่าน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์คอยให้คำปรึกษาให้ความสะดวกในการทำโครงงาน ในตลอดระยะเวลาฝึกงานภาคฤดูร้อน และฝึกงานสหกิจทั้งสิ้น 6 เดือน ทำให้เข้าใจถึงกระบวนการทำงานในด้านการทดสอบไอซีเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ และสามารถปฏิบัติงานได้จริง เสมือนเป็น Test engineer จริง

สารบัญ

บทคัดย่อ.....	I
ABSTRACT.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญ (ต่อ).....	V
สารบัญรูปภาพ.....	VI
สารบัญตาราง.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา.....	2
1.3 สมมุติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.2 ข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง.....	6
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน.....	9
3.1 อุปกรณ์.....	9
3.2 ขั้นตอนการทำงานทดลอง.....	9

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการวิจัย.....	12
4.1 การเขียน GPIB code เพื่อควบคุมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ	12
4.2 ผลการทดลองการทดสอบระหว่างแบบ Manual และ แบบ Automatic temperature	13
4.3 ผลการคำนวณเชิงเวลาและทรัพยากรณ์	17
4.4 ผลการคำนวณในด้านความแม่นยำของข้อมูลที่ได้	18
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	21
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	21
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	21
เอกสารอ้างอิง	22
ภาคผนวก.....	23

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1 สาย GPIB (IEEE488)	4
รูปที่ 2.2 เครื่อง Temptronic thermostream ATS-710.....	6
รูปที่ 2.3 Parameter analyzer B1500A	7
รูปที่ 3.1 Keysigh easyEXPERT programming	10
รูปที่ 4.1 หน้าต่าง อินเตอเฟสอินพุต ของ GPIB code	
ควบคุมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ร่วมกับโปรแกรม Keysight EasyEXPERT	12

สารบัญตาราง

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองแบบละเอียด โดยใช้วิธี Manual test	
ที่อุณหภูมิ $-40, 25, 85, 125^{\circ}\text{C}$	14
ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดลองแบบละเอียด โดยใช้วิธี Automatic temperature test	
ที่อุณหภูมิ $-40, 25, 85, 125^{\circ}\text{C}$	16
ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการคำนวณทางเวลาในการทดสอบ	17
ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลที่วัดได้ ของ แบบ Manual test	
และแบบ Automatic temperature test	18

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการทำงานในด้านการทดลองและการวิเคราะห์เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในกระบวนการวัดทางกระแสตรง(DC-bench measurement) ของชิ้นงาน โลจิกใหม่ๆ ที่ผลิตขึ้นในบริษัท จะต้องใช้เวลา,บุคคลและความรู้ในการทำการทดลองภายในห้องแล็บ เพื่อให้สามารถวัดค่าได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ การทำ DC-bench measurement จัดเป็นหนึ่งในขั้นตอนของกระบวนการ Product characterization เพื่อเป็นการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์บางค่าที่ไม่สามารถหาได้ด้วยเครื่องทดสอบ โดยการทดสอบส่วนใหญ่จะมีเรื่องของการทดสอบชิ้นงานที่อุณหภูมิต่างๆ ตั้งแต่ -40°C จนถึง $+125^{\circ}\text{C}$ ในการทำ DC-bench measurement จะต้องใช้เครื่อง Device Analyzer B1500A สร้าง Test definition ขึ้นมา และใช้ Test definition เดิมในการทดสอบชิ้นงานทุกอุณหภูมิที่กำหนด และให้ผู้ทดลองคอยทำการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบและเริ่มต้นการทดสอบอยู่หน้าเครื่องตลอดเวลา ซึ่งอาจเป็นการสิ้นเปลืองเวลาและแรงของผู้ทดลอง ประกอบกับการทำงานประเภท Test new product ที่มีการติดตามในส่วนของเวลาและปริมาณงานอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้การทำงานเป็นไปตามแผนการที่วางไว้ ทำให้เห็นว่าเวลาเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้สามารถเพิ่มปริมาณงานได้อย่างมาก อีกทั้งการทำงานในส่วนของ DC-bench measurement ผู้ทดลองอาจจะต้องอยู่ในห้องแล็บนานถึง 4 ชั่วโมง เพื่อทำการวัดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของชิ้นงานเพียงชนิดเดียว

จากการศึกษาและการทดสอบจากการทำงานทดลองทำ DC-bench measurement จริงๆ พบว่า การทดลองซึ่งมี Condition ทั้งหมด 20 Conditions ที่อุณหภูมิ $-40,25,85,125^{\circ}\text{C}$ จะต้องใช้เวลายู่หน้าเครื่องนานถึง 2 ชั่วโมง เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาเกี่ยวกับ GPIB code โดย GPIB เป็นอุปกรณ์ที่สามารถทำให้เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermo-steam) สามารถติดต่อกับเครื่อง Device Analyzer B1500A ได้ จึงได้จัดทำเป็นโปรเจกต์เรื่อง “การทดสอบชิ้นงาน ไอซีด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ” ขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์การศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษากระบวนการการทำงานของ PE/TE – Creation team - Characterization

1.2.2 เพื่อศึกษาและสามารถใช้อุปกรณ์และโปรแกรม Keysight EasyEXPERT เพื่อสามารถใช้ในการทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ของไอซี ประเภทลอจิก

1.2.3 เพื่อออกแบบและเขียน โปรแกรมสำหรับใช้ควบคุม เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Thermo-stream) ด้วย GPIB และสารนำไปใช้ได้จริง

1.2.4. เพื่อสร้างแนวทางในการลดค่าใช้จ่ายและเพิ่มปริมาณงานที่ได้ให้กับบริษัท

1.3 สมมุติฐานของการศึกษา

1.3.1 การทำ DC-Bench measurement แบบใช้ GPIB Code ควบคุมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ จะสามารถทำให้การทดลองใช้เวลาน้อยลงและผู้ทดลองสามารถมีเวลาทำงานอื่นๆ ได้เพิ่มมากขึ้น

1.3.2 ผลการทดลองที่ได้ระหว่างแบบ manual test กับแบบ Automatic temperature test via GPIB มีค่าใกล้เคียงกันมากและเป็นค่าที่สามารถยอมรับได้

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ศึกษากระบวนการผลิตและทดสอบผลิตภัณฑ์ไอซีประเภทลอจิกชนิดใหม่ของบริษัทเอ็นเอ็กซ์พี แมนูแฟคเจอร์ริง (ไทยแลนด์) จำกัด ในระหว่างวันที่ 7 สิงหาคม – 24 พฤศจิกายน พ.ศ. 2560

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจถึงกระบวนการทำงานของ PE/TE – Creation team – Characterization

1.5.2 สามารถใช้โปรแกรม Keysight EasyEXPERT ในการสร้าง Test condition ในการทดสอบ ไอซีประเภทลอจิกได้ทุกพารามิเตอร์

1.5.3 สามารถใช้อุปกรณ์ใน PE/TE Laboratory ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องแม่นยำ

1.5.4 เข้าใจ Code GPIB และภาษา C สามารถนำไปใช้เพื่อสร้าง โปรแกรมให้กับเครื่องควบคุม อุณหภูมิ (Thermo-stream) ให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติ

1.5.5 Code GPIB ที่สร้างขึ้นสามารถใช้ร่วมกับเครื่อง Device analyzer B1500A ได้จริงและเป็น ประโยชน์ต่อบริษัท

บทที่ 2

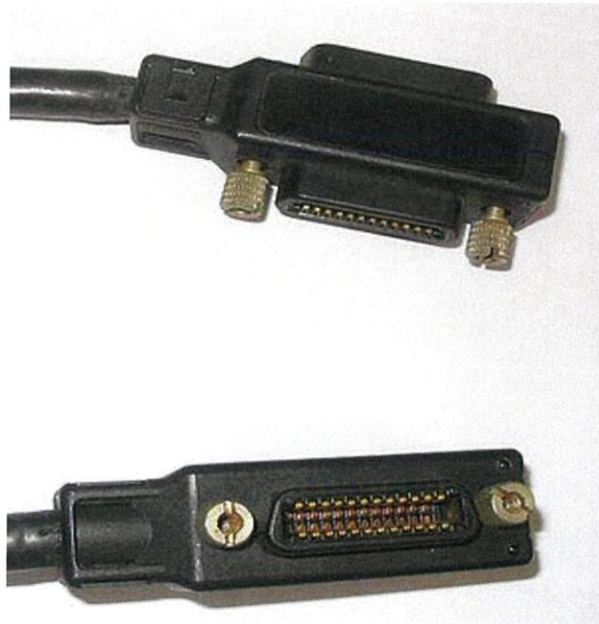
แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการดำเนินโปรเจกต์จำเป็นต้องศึกษาข้อมูลทฤษฎีจากเอกสารต่างๆ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 GPIB IEE488 Remote Interface

General Purpose Interface Bus เป็นการขนถ่ายข้อมูลระบบใหม่ที่พักได้รับความนิยม แม้ว่าจะได้รับการพัฒนาโดยบริษัท Hewlett-Packard ตั้งแต่ปลายทศวรรษ 1960 และได้พัฒนาจนกระทั่งได้รับมาตรฐานจาก Institute of Electrical and Electronic Engineer (IEEE) ในปี 1975 ซึ่งต่อมารู้จักกันในชื่อ IEEE 488 standard



รูปที่ 2.1 สาย GPIB (IEEE488)

จุดประสงค์แรกของ GPIB คือใช้ในการควบคุมเครื่องมือวัดโดยคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามจุดประสงค์ได้เปลี่ยนแปลงไปบ้างแล้ว โดยการนำ GPIB มาใช้ควบคุมและติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกันหรือระหว่างคอมพิวเตอร์ กับ scanner หรือเครื่องมือวัดอื่นๆ ในระยะหลายปีที่

ผ่านมาเราจะพบว่าเครื่องคอมพิวเตอร์บางรุ่นเริ่มมี GPIB คิดมาเป็นอุปกรณ์มาตรฐานของเครื่องแล้ว GPIB เป็นการติดต่อแบบใหม่ที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์หลายชิ้นเข้ากับ GPIB Port ตัวเดียวได้ โดยสามารถต่ออุปกรณ์ได้สูงถึง 15 ชิ้น โดยใช้ bus เพียงตัวเดียว ทำให้ประหยัด (และป้องกันเรื่องปวดหัวในการ set อุปกรณ์)

ข้อดีอื่นๆ มีดังนี้

- ส่งผ่านข้อมูลด้วยวิธีแบบขนาน ครั้งละ 1 byte (8-bits)
- Hardware จะเป็นผู้จัดการเรื่อง Handshaking, timing และอื่นๆ
- อัตราการส่งผ่านข้อมูล 800 Kbytes/sec หรือมากกว่า ซึ่งนับว่าเร็วมากเมื่อเทียบกับ port แบบเก่า
- ใช้คำสั่ง ASCII ในการติดต่อ และอื่นๆ อีกหลายประการ

ถึงตรงนี้อาจสงสัยว่า ถ้าหากว่าเรามี GPIB Port ซึ่งมีประสิทธิภาพตามที่กล่าวมาแล้วและมีราคาถูกมากหรืออาจติดตั้งมาพร้อมกับคอมพิวเตอร์แล้ว ทำไมเราจะต้องซื้อ DAQ Card มาใช้อีก สิ่งที่เราต้องเข้าใจในอันดับแรกคือ GPIB Port ไม่สามารถทำให้คอมพิวเตอร์ติดต่อโดยตรงกับ Transducer ได้ GPIB Port จะเป็นการติดต่อระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ที่มี GPIB Port เท่านั้น ซึ่งอุปกรณ์ที่มี GPIB Port ติดตั้งอยู่ก็มักจะเป็นอุปกรณ์ประเภทเครื่องมือวัดเช่น Oscilloscope, Multimeter ซึ่งเป็น Actual Instrument อยู่แล้ว ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลจึงเป็นข้อมูลที่อ่านค่าได้เรียบร้อยแล้ว เพราะบนเครื่องมือเหล่านั้นจะมีระบบ Signal Processing อยู่ในตัวเองเรียบร้อยแล้ว

2.1.2 Basic C language

ภาษาซีใช้ *ข้อความสั่ง* (statement) ในการระบุการกระทำเช่นเดียวกับภาษาเชิงคำสั่งอื่น ข้อความสั่งที่สามัญที่สุดคือ *ข้อความสั่งนิพจน์* (expression statement) ซึ่งประกอบด้วยนิพจน์ที่จะถูกนำไปประเมินค่า ตามด้วยอัฒภาค ; จากผลข้างเคียงของการประเมินค่า ฟังก์ชันหลายฟังก์ชันอาจถูกเรียกใช้และตัวแปรหลายตัวอาจถูกกำหนดค่าใหม่ ภาษาซีได้เตรียมข้อความสั่งสำหรับควบคุมการไหลของโปรแกรมไว้หลายข้อความซึ่งดูได้จากคำสงวนต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น การใช้ if-else เพื่อการทำงานแบบมีเงื่อนไข และการใช้ do-while, while และ for เพื่อการทำงานแบบวนรอบ เพื่อปรับเปลี่ยนการทำงานอันเป็นลำดับปกติ เป็นสิ่งที่รองรับสำหรับการเขียนโปรแกรมเชิงโครงสร้าง สำหรับข้อความสั่ง for นั้นมีนิพจน์ของการกำหนดค่าเริ่มต้น การทดสอบเงื่อนไข และการกำหนดค่ารอบใหม่ทั้งสาม

อย่างไรตัวเอง ซึ่งสามารถละเว้นนิพจน์ใดก็ได้ ข้อความสั่ง break และ continue สามารถใช้ภายในการทำงานแบบวนรอบ เพื่อหยุดการวนรอบ หรือข้ามไปยังการกำหนดค่ารอบใหม่ที่ตามลำดับ นอกจากนี้ยังมีข้อความสั่งที่ไม่เป็นเชิงโครงสร้างคือ goto ซึ่งจะทำการไหลของโปรแกรมข้ามไปยังป้าย (label) ที่ตั้งชื่อไว้ทันทีภายในฟังก์ชัน ข้อความสั่ง switch และ case ใช้สำหรับพิจารณาทางเลือกของการทำงาน โดยพิจารณานิพจน์ที่เป็นจำนวนเต็ม

2.2 ข้อมูลอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

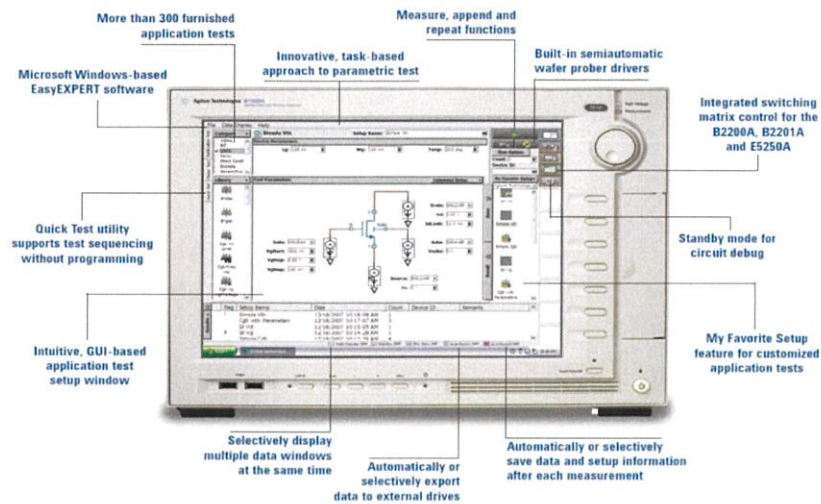
2.2.1 Thermostream temptronic

Thermostream temptronic เป็นอุปกรณ์มาตรฐาน สำหรับควบคุมอุณหภูมิด้วยลม ที่สามารถตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -40 จนถึง 225 องศาเซลเซียส ตลอดจนสามารถตั้งเวลาแช่ หรือ Soaking Time ได้ เหมาะสำหรันำมาใช้ในการวัดหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของไอซี ที่อุณหภูมิต่างๆ ได้ โดยอุณหภูมิมาตรฐานที่ใช้สำหรับ ทดสอบไอซี คือ -40,25,85 และ 125 °C



รูปที่ 2.2 เครื่อง Temptronic thermostream ATS-710

2.2.2 Parameter analyzer B1500A and Keysight EasyEXPERT



รูปที่ 2.3 Parameter analyzer B1500A

Keysight B1500A Semiconductor Device Analyzer of Precision Current-Voltage Analyzer Series is an all in one analyzer supporting IV, CV, pulse/dynamic IV and more, which is designed for all-round characterization from basic to cutting-edge applications. It provides a wide range of measurement capabilities to cover the electrical characterization and evaluation of devices, materials, semiconductors, active/passive components, or virtually any other type of electronic device with uncompromised measurement reliability and efficiency. In addition, the B1500A's modular architecture with ten available slots allows you to add or upgrade measurement modules if your measurement needs change over time.

Keysight EasyEXPERT group+ GUI based characterization software is available either on the B1500A's embedded Windows 7 platform with 15-inch touch screen or on your PC to accelerate the characterization tasks. It supports efficient and repeatable device characterization in the entire characterization process from measurement setup and execution to analysis and data management either interactive manual operation or automation across a wafer in conjunction with a semiautomatic wafer prober. EasyEXPERT group+ makes it easy to perform complex device characterization immediately with hundreds of ready-to-use measurements (application tests) furnished, and allows

you the option of storing test condition and measurement data automatically after each measurement in a unique built-in database (workspace), ensuring that valuable information is not lost and that measurements can be repeated at a later date. Keysight B1500A provides the complete solution for device characterization with these versatile capabilities.

B1500A supports various modules and allows you to configure them up to 10 slots, according to your measurement needs. Standard SMU modules enable to perform various IV measurements such as spot, sweep, sampling measurements. Moreover, Quasi-Static CV (QSCV) measurement is also supported by SMU. MFCMU modules supports capacitance measurement and easy and yet IV/CV switching with the optional SCUU. WGFMU enables ultra-fast pulsed IV and dynamic IV measurement for cutting-edge applications based on arbitrary waveform sourcing and fast digitizing measurement capabilities. The combination of these modules cover various applications.

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

3.1 อุปกรณ์

- เครื่อง Semiconductor device analyzer B1500A
- เครื่อง Switch matrix device
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ Thermo-steam ATS-710
- โปรแกรม Keysight EasyEXPERT
- Product Sample 74LV1T125GW
- DC benchboard (Package TSSOP5)
- Purge air box

3.2 ขั้นตอนการทำงานทดลอง

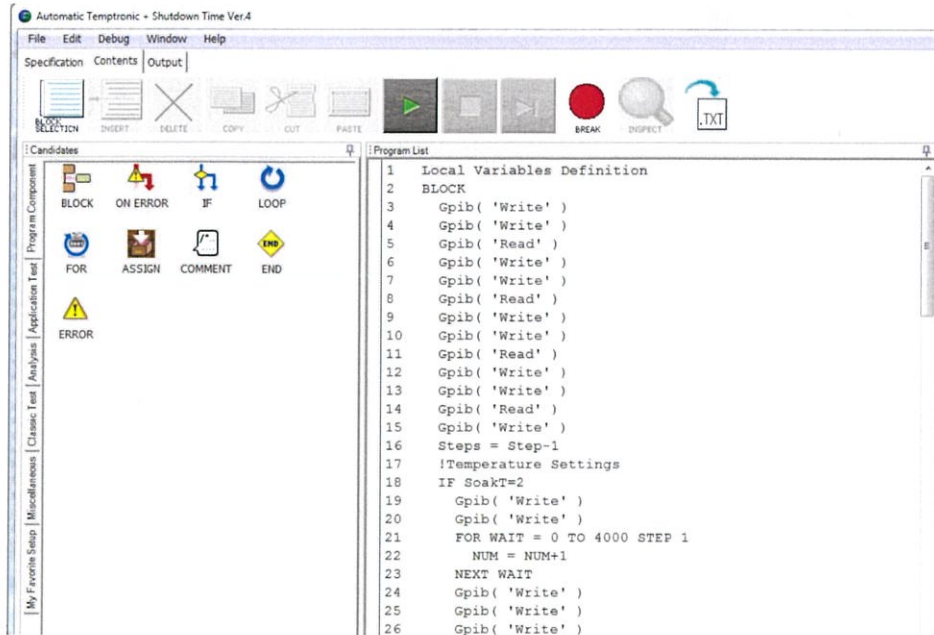
3.2.1. ศึกษาและทำความเข้าใจ เกี่ยวกับการสร้าง Test definition และใช้โปรแกรม Keysight easyEXPERT และอุปกรณ์ต่างๆ ในห้องแล็บ

3.2.2. ศึกษา GPIB code ที่ใช้สำหรับเครื่องควบคุมอุณหภูมิ จาก Application Manual TP4300 thermo-stream

3.2.3. ทำการสร้าง Test application program บนโปรแกรม Keysight easyEXPERT โดยใช้ GPIB code โดยให้สามารถอินพุตตั้งค่า ได้ดังนี้

- 5 อุณหภูมิ และ 5 เวลาแช่

- เพิ่มฟังก์ชัน Automatic Shutdown และ Defrost mode



รูปที่ 3.1 Keysigh easyEXPERT programming

3.2.3. กำหนดชิ้นงาน โลจิกขึ้นมา เพื่อใช้วัดและเปรียบเทียบกันระหว่าง Manual Test และ Automatic temperature GPIB พร้อมกำหนด Condition ต่างๆ เหมือนกัน ดังนี้

Product : 74LV1T125GW Package : TSSOP5

Parameter : Icc at Vcc=5v5 DIcc at Vin=5v0 Iin at Vcc=5v5 Ioz at Vcc=5v5

Vih,Vil at Vcc=2v0,2v5,3v0,4v5,5v5

Voh at Vcc=2v5 , Iout=3mA

Vcc=4v5 , Iout=4mA

Vcc=5v0 , Iout=8mA

Vol at Vcc=3v0 , Iout=3mA

Vcc=4v5 , Iout=4mA

Vcc=5v5 , Iout=20uA

Total : 15 conditions

ต่ออุปกรณ์ DC bench board , Thermo-stream ATS-710 , Purge air box และสร้าง Test definition ทั้ง 15 Conditions ลงในโปรแกรม Keysigh easyEXPERT และจึงทำการเริ่มการทดลอง

3.2.4. บันทึกผลการทดลองของทั้งสองวิธี โดยทำการบันทึกเวลาขณะทำการทดลองจริง และบันทึกผลการวัดค่าต่างๆ เหมือนกับการทำงานจริงทุกประการ

3.2.5. เปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้ และวิเคราะห์ในเชิงเวลาและทรัพยากรของผลการทดลองที่ได้

3.2.6. สรุปผลการทดลอง

บทที่ 4

ผลการวิจัย

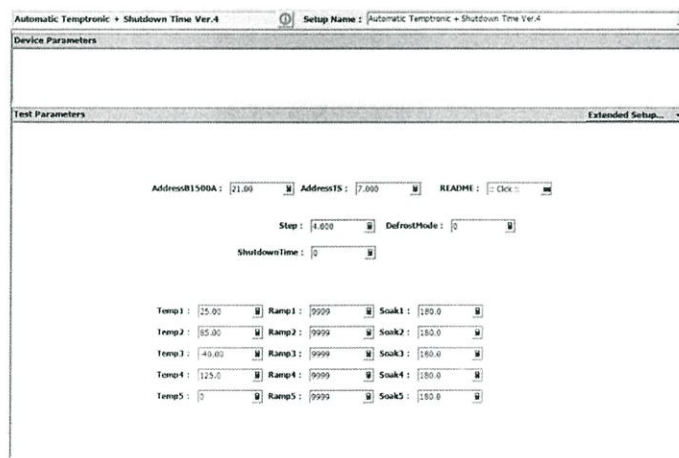
4.1 การเขียน GPIB code เพื่อควบคุมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

GPIB code ที่สร้างขึ้นคำนึงถึงความสะดวกในการใช้งานเป็นหลัก โดยมีฟังก์ชันหลักๆ ดังนี้

- 1.) สามารถอินพุตได้ 5 อุณหภูมิโดยทำงานจาก บนลงล่าง
- 2.) สามารถอินพุตค่า Soak Time(minutes) ได้ทั้ง 5 อุณหภูมิ
- 3.) สามารถตั้งให้เทสได้ตั้งแต่ 1-5 อุณหภูมิได้ โดยกำหนดค่า Step ให้ตรงกับจำนวนอุณหภูมิที่ต้องการ
- 4.) เมื่อเทสเสร็จทุกอุณหภูมิแล้วจะสั่งให้เครื่องควบคุมอุณหภูมิลดเป่าลมและยกหัวเป่าลมขึ้นอัตโนมัติ

ฟังก์ชันเสริม ได้แก่

- 1.) สามารถตั้งค่าเวลาปิดเครื่องควบคุมอุณหภูมิได้เมื่อทำการเทสเสร็จสิ้นแล้ว (input = minute)
- 2.) สามารถใช้ Defrost mode เพื่อไล่ไอน้ำที่เกิดจากการเทสที่อุณหภูมิเย็นได้ โดยเมื่อเปิดการใช้งาน(Input=1) เมื่อเทสที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0°C จะทำการเป่าลมร้อน(125°C) 5 นาที และเป่าลม 25°C 3 นาที ก่อนที่จะเริ่มทำการเทสที่อุณหภูมิลดไปแบบอัตโนมัติ



รูปที่ 4.1 หน้าต่าง อินเทอร์เฟซอินพุต ของ GPIB code ควบคุมเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ที่ใช้ร่วมกับ โปรแกรม

Keysight EasyEXPERT

หมายเหตุ : โปรแกรมที่สร้างขึ้นสามารถศึกษาได้ในหมวด ภาคผนวก ของเล่มรายงาน

4.2 ผลการทดลองการทดสอบระหว่างแบบ Manual และ แบบ Automatic temperature

ทำการทดลองโดยการกำหนด Product ขึ้นมา 1 ชนิด โดยให้เป็น Product ที่เคยใช้ทดสอบจริงๆ มาก่อนและส่งผลการทดลองตามที่ต้องการเรียบร้อยแล้ว เพื่อเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ได้และเวลาที่ใช้ในการทดลอง ในที่นี้กำหนด Product และ พารามิเตอร์ ที่ใช้ในการทดสอบดังนี้

Product : 74LV1T125GW Package : TSSOP5

Parameter : **Icc** at Vcc=5v5

DIcc at Vin=5v0

Iin at Vcc=5v5

Ioz at Vcc=5v5

Vih, Vil at Vcc=2v0,2v5,3v0,4v5,5v5

Voh at Vcc=2v5 , Iout=3mA

Vcc=4v5 , Iout=4mA

Vcc=5v0 , Iout=8mA

Vol at Vcc=3v0 , Iout=3mA

Vcc=4v5 , Iout=4mA

Vcc=5v5 , Iout=20uA

Total : 15 conditions and 15 Test definition

Temperature : -40 , 25 , 85 , 125 °C

4.2.1 ผลการทดลองแบบ Manual DC-bench measurement over temperature

74LV1T125GW MANUAL TEST STATUS				
Date	Time	Device number	Status	Time use (minute)
6/9/2017	10:01	/	Create test definition and switch matrix settings. (12 conditions)	51
	10:52	/	Finish setting and ready to test.	
	10:58	/	Setting hardware eg. DC-board,socket and thermostream.	8
	11:06	/	Finish setting hardware.	
	11:08	DUT#1	Soak DUT#1 to 25°C for 3 minutes.	8
	11:11		Start measure DUT#1 at 25°C	
	11:16		Finish measure DUT#1 at 25°C	
	11:17		Soak DUT#1 to 85°C for 3 minutes.	6
	11:20		Start measure DUT#1 at 85°C	
	11:23		Finish measure DUT#1 at 85°C	
	11:24		Soak DUT#1 to -40°C for 3 minutes.	7
	11:27		Start measure DUT#1 at -40°C	
	11:31		Finish measure DUT#1 at -40°C	
	11:32		Soak DUT#1 to 125°C for 3 minutes.	9
	11:35		Start measure DUT#1 at 125°C	
	11:41		Finish measure DUT#1 at 125°C and soak at 25°C for 3 minutes	
	11:41	/	Change the device to DUT#2	3
	11:44	/	Ready to test DUT#2	
	11:44	DUT#2	Soak DUT#2 to 25°C for 3 minutes.	7
	11:47		Start measure DUT#2 at 25°C	
	11:51		Finish measure DUT#2 at 25°C	
	11:51		Soak DUT#2 to 85°C for 3 minutes.	7
	11:54		Start measure DUT#2 at 85°C	
	11:58		Finish measure DUT#2 at 85°C	
	13:32		Soak DUT#2 to -40°C for 3 minutes.	8
	13:35		Start measure DUT#2 at -40°C	
	13:40		Finish measure DUT#2 at -40°C	
	13:41		Soak DUT#2 to 125°C for 3 minutes.	11
	13:44		Start measure DUT#2 at 125°C	
	13:52		Finish measure DUT#2 at 125°C and soak at 25°C for 3 minutes	

13:53	/	Change the device to DUT#3	2
13:55	/	Ready to test DUT#3	
13:55	DUT#3	Soak DUT#3 to 25 °C for 3 minutes.	7
13:59		Start measure DUT#3 at 25 °C	
14:02		Finish measure DUT#3 at 25 °C	
14:03		Soak DUT#3 to 85 °C for 3 minutes.	6
14:06		Start measure DUT#3 at 85 °C	
14:09		Finish measure DUT#3 at 85 °C	
14:10	DUT#3	Soak DUT#3 to -40 °C for 3 minutes.	7
14:13		Start measure DUT#3 at -40 °C	
14:17		Finish measure DUT#3 at -40 °C	
14:17		Soak DUT#3 to 125 °C for 3 minutes.	8
14:20		Start measure DUT#3 at 125 °C	
14:25		Finish measure DUT#3 at 125 °C and soak at 25 °C for 3 minutes	
14:25	/	Change the device to DUT#4	2
14:27	/	Ready to test DUT#4	
14:31	DUT#4	Soak DUT#4 to 25 °C for 3 minutes.	7
14:34		Start measure DUT#4 at 25 °C	
14:38		Finish measure DUT#4 at 25 °C	
14:38		Soak DUT#4 to 85 °C for 3 minutes.	6
14:41		Start measure DUT#4 at 85 °C	
14:44		Finish measure DUT#4 at 85 °C	
14:44		Soak DUT#4 to -40 °C for 3 minutes.	7
14:47		Start measure DUT#4 at -40 °C	
14:51		Finish measure DUT#4 at -40 °C	
14:51		Soak DUT#4 to 125 °C for 3 minutes.	8
14:54		Start measure DUT#4 at 125 °C	
14:59		Finish measure DUT#4 at 125 °C and soak at 25 °C for 3 minutes	
14:59	/	Change the device to DUT#5	2
15:01	/	Ready to test DUT#5	
15:01	DUT#5	Soak DUT#5 to 25 °C for 3 minutes.	9
15:04		Start measure DUT#5 at 25 °C	
15:10		Finish measure DUT#5 at 25 °C	
15:10		Soak DUT#5 to 85 °C for 3 minutes.	6
15:13		Start measure DUT#5 at 85 °C	
15:16		Finish measure DUT#5 at 85 °C	
15:16		Soak DUT#5 to -40 °C for 3 minutes.	8
15:19		Start measure DUT#5 at -40 °C	
15:24		Finish measure DUT#5 at -40 °C	

	15:24	Soak DUT#5 to 125°C for 3 minutes.	11
	15:27	Start measure DUT#5 at 125°C	
	15:35	Finish measure DUT#5 at 125°C and soak at 25°C for 3minutes	
Setting conditions times			59
Times stay at machine : Total actually times			162
END MANUAL TEST : Total times			221

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงผลการทดลองแบบละเอียดโดยใช้วิธี Manual test ที่อุณหภูมิ -40,25,85,125°C

4.2.2 ผลการทดลองแบบ Automatic temperature DC-bench measurement

74LV1T125GW AUTOMATIC TEMPTRONIC TEST STATUS				
Date	Time	Device number	Status	Time use (minute)
6/9/2017	10:01	/	Create test definition and switch matrix settings. (12 conditions)	51
	10:52	/	Finish setting and ready to test.	
	10:58	/	Setting hardware eg. DC-board,socket and thermostream.	8
	11:06	/	Finish setting hardware.	
	15:38	DUT#1	Start test DUT#1 with automatic temptronic running via GPIB code.	29
	16:07	DUT#1	Finish measure DUT#1 at 25,85,-40,125°C	
	16:07	/	Change the device to DUT#2	1
	16:08	/	Ready to test DUT#2	
	16:08	DUT#2	Start test DUT#2 with automatic temptronic running via GPIB code.	28
	16:36	DUT#2	Finish measure DUT#2 at 25,85,-40,125°C	
	16:36	/	Change the device to DUT#3	2
	16:38	/	Ready to test DUT#3	

	16:38	DUT#3	Start test DUT#3 with automatic temptronic running via GPIB code.	28
	17:06		Finish measure DUT#3 at 25,85,-40,125°C	
	17:06	/	Change the device to DUT#4	2
	17:08		Ready to test DUT#4	
	17:08	DUT#4	Start test DUT#4 with automatic temptronic running via GPIB code. *turn on automatic shutdown with GPIB code on thermostream and finish work.	29
	17:39		Finish measure DUT#4 at 25,85,-40,125°C	
7/9/2017	8:30	/	Change the device to DUT#5	1
	8:31		Ready to test DUT#5	
	8:31	DUT#5	Start test DUT#5 with automatic temptronic running via GPIB code.	29
	9:00		Finish measure DUT#5 at 25,85,-40,125°C	
Setting conditions times				59
Times stay at machine : Total actually times				6
END AUTOMATIC TEMPTRONIC TEST : Total times				208

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดงผลการทดลองแบบละเอียดโดยใช้วิธี Automatic temperature test ที่อุณหภูมิ -40,25,85,125°C

4.3 ผลการคำนวณเชิงเวลาและทรัพยากร

4.3.1 จำนวนเวลาที่ใช้ในการทดลองจากผลการทดลอง

การทดลองสามารถนำค่าเวลาที่ใช้ในการทดลอง มาคำนวณในด้านของเวลาได้ดังนี้

Summary of total test time
Manual used 221 minutes.
Automatic used 208 minutes.

Test times reduced by **5.88%**.

Summary of total actually stayed at machine time.
Manual used 162 minutes.
Automatic used 6 minutes.

Actually stayed at machine time reduced by **96.30%**.

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลการคำนวณทางเวลาในการทดสอบ

4.3.2 คำนวณทรัพยากรที่ใช้ต่อเดือน

วิธี Manual DC-bench measurement over temperature

สมมุติเงินเดือน 30,000 บาท/เดือน

โปรดักส์ต่อเดือนแบบเฉลี่ย 6 โปรดักส์/เดือน

เวลาทำงานต่อเดือน : 10,560 นาที/เดือน

หากใช้วิธีนี้ เวลาที่ต้องใช้หน้าเครื่องทดสอบ DC-Bench measurement จะเท่ากับ 972 นาที

ดังนั้น บริษัทจะเสียค่าใช้จ่ายเดือนละ 2761.36 บาท

วิธี Automatic temperature DC-bench measurement

สมมุติเงินเดือน 30,000 บาท/เดือน

โปรดักส์ต่อเดือนแบบเฉลี่ย 6 โปรดักส์/เดือน

เวลาทำงานต่อเดือน : 10,560 นาที/เดือน

หากใช้วิธีนี้ เวลาที่ต้องใช้หน้าเครื่องทดสอบ DC-Bench measurement จะเท่ากับ 60 นาที

ดังนั้น บริษัทจะเสียค่าใช้จ่ายเดือนละ 170.45 บาท

จากการคำนวณทั้งสองวิธี ทำให้ทราบว่า ในหนึ่งเดือน หากเปลี่ยนมาใช้ วิธี

Automatic temperature DC-bench measurement จะช่วยประหยัดได้ถึง เดือนละ 93.83% หรือ

คิดเป็นจำนวนเงิน 31,090.92 บาทต่อปี สำหรับการทำให้ DC-bench measurement

4.4 ผลการคำนวณในด้านความแม่นยำของข้อมูลที่ได้

Parameter	Name	Temp.	Delta	Perf	Unit
			between two method		
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_0v0	-40	0.00000	u	A
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_5v0	-40	0.00000	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_0v0	-40	0.00000	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_5v0	-40	0.00000	u	A
lin_VCC_5v5	lin_0v0	-40	0.00000	u	A
lin_VCC_5v5	lin_5v5	-40	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_0v0	-40	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_5v5	-40	0.00010	u	A
Vih_Vil_2v0	Vih	-40	0.00100		V
Vih_Vil_2v0	Vil	-40	0.00000		V
Vih_Vil_2v5	Vih	-40	0.00000		V
Vih_Vil_2v5	Vil	-40	0.00000		V
Vih_Vil_3V0	Vih	-40	0.00000		V
Vih_Vil_3V0	Vil	-40	0.00100		V

Vih_Vil_4V5	Vih	-40	0.00000		V
Vih_Vil_4V5	Vil	-40	0.00100		V
Vih_Vil_5V5	Vih	-40	0.00400		V
Vih_Vil_5V5	Vil	-40	0.00200		V
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	-40	0.00050		V
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	-40	0.00050		V
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	-40	0.00050		V
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	-40	0.00040		V
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	-40	0.00030		V
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	-40	0.00000		V
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_0v0	25	0.00000	u	A
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_5v0	25	0.00010	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_0v0	25	0.00010	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_5v0	25	0.00000	u	A
lin_VCC_5v5	lin_0v0	25	0.00000	u	A
lin_VCC_5v5	lin_5v5	25	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_0v0	25	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_5v5	25	0.00010	u	A
Vih_Vil_2v0	Vih	25	0.00000		V
Vih_Vil_2v0	Vil	25	0.00100		V
Vih_Vil_2v5	Vih	25	0.00100		V
Vih_Vil_2v5	Vil	25	0.00000		V
Vih_Vil_3V0	Vih	25	0.00000		V
Vih_Vil_3V0	Vil	25	0.00000		V
Vih_Vil_4V5	Vih	25	0.00000		V
Vih_Vil_4V5	Vil	25	0.00000		V
Vih_Vil_5V5	Vih	25	0.00000		V
Vih_Vil_5V5	Vil	25	0.00000		V
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	25	0.00020		V
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	25	0.00010		V
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	25	0.00000		V
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	25	0.00010		V
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	25	0.00010		V
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	25	0.00000		V
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_0v0	85	0.00000	u	A
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_5v0	85	0.00000	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_0v0	85	0.00000	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_5v0	85	0.00000	u	A
lin_VCC_5v5	lin_0v0	85	0.00000	u	A
lin_VCC_5v5	lin_5v5	85	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_0v0	85	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_5v5	85	0.00000	u	A
Vih_Vil_2v0	Vih	85	0.00100		V
Vih_Vil_2v0	Vil	85	0.00100		V
Vih_Vil_2v5	Vih	85	0.00000		V
Vih_Vil_2v5	Vil	85	0.00200		V
Vih_Vil_3V0	Vih	85	0.00100		V
Vih_Vil_3V0	Vil	85	0.00000		V
Vih_Vil_4V5	Vih	85	0.00000		V
Vih_Vil_4V5	Vil	85	0.00700		V

Vih_Vil_5V5	Vih	85	0.00200		V
Vih_Vil_5V5	Vil	85	0.00000		V
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	85	0.00050		V
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	85	0.00010		V
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	85	0.00090		V
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	85	0.00020		V
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	85	0.00030		V
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	85	0.00000		V
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_0v0	125	0.00020	u	A
lcc_0v0_5v0_A_High	lcc_5v0	125	0.00010	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_0v0	125	0.00010	u	A
lcc_0v0_5v0_A_low	lcc_5v0	125	0.00010	u	A
lin_VCC_5v5	lin_0v0	125	0.00010	u	A
lin_VCC_5v5	lin_5v5	125	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_0v0	125	0.00000	u	A
loz_5v5	loz_5v5	125	0.00020	u	A
Vih_Vil_2v0	Vih	125	0.00100		V
Vih_Vil_2v0	Vil	125	0.00200		V
Vih_Vil_2v5	Vih	125	0.00100		V
Vih_Vil_2v5	Vil	125	0.00100		V
Vih_Vil_3V0	Vih	125	0.00000		V
Vih_Vil_3V0	Vil	125	0.00000		V
Vih_Vil_4V5	Vih	125	0.00000		V
Vih_Vil_4V5	Vil	125	0.00000		V
Vih_Vil_5V5	Vih	125	0.00200		V
Vih_Vil_5V5	Vil	125	0.00000		V
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	125	0.00080		V
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	125	0.00050		V
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	125	0.00120		V
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	125	0.00050		V
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	125	0.00040		V
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	125	0.00010		V

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงค่าความแตกต่างของข้อมูลที่ได้ ของ แบบ Manual test

และแบบ Automatic temperature test

จากความแตกต่างของข้อมูลที่ได้ ทำให้สามารถคำนวณความแม่นยำของข้อมูลได้โดย

ค่า Delta Average = 0.00043

ค่า Delta ในอุดมคติ = 0.00000 (ค่าของทั้งสองวิธีเท่ากัน $\Delta=0$)

ดังนั้น ค่า %Accuracy = 99.96%

ซึ่งค่าทั้งหมดเป็นค่าที่คำนวณได้จากโปรแกรม Microsoft Excel และเป็นค่าที่ยอมรับได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

การศึกษเกี่ยวกับ GPIB code และนำมาใช้ทดลองกับการจำลอง DC-Bench measurement ขึ้นมาให้เหมือนว่าทำงานจริงๆ พบว่า GPIB code ที่ได้ทำการเขียนขึ้นนั้น สามารถนำมาใช้ได้จริง โดยมีคุณสมบัติ สามารถป้อนอินพุตได้ทั้งหมด 5 อุณหภูมิ , สามารถตั้งเวลา Soak Time ได้ และสามารถทำงานร่วมกับเครื่อง Thermo-stream และ เครื่อง Device Analyzer B1500A บน DC-Bench measurement ได้เป็นอย่างดี จากการทดลอง DC-Bench measurement แบบ Manual test และแบบ Automatic temperature test พบว่าการเปลี่ยนมาทดสอบแบบ Automatic temperature test จะทำให้เวลาที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมดลดลง 5.88% และเวลาที่ต้องใช้ปฏิบัติงานอยู่บนหน้าเครื่องลดลง 96.30% ทำให้สามารถลดทรัพยากรทางด้านของเวลาและสามารถเพิ่มปริมาณงานที่ทำได้ โดยใช้เวลาที่ลดลงนั้นเพิ่มการทำงานอื่นๆ เช่น ACSAM , งานเอกสาร หรือแม้แต่งาน DC-Bench measurement โปรดักส์อื่นๆ ทำควบคู่กันไปได้ จากการคำนวณในเรื่องของค่าใช้จ่าย ทำให้ทราบว่า วิธี Automatic temperature DC-bench measurement จะช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายของบริษัทได้ถึง เดือนละ 93.83% หรือ คิดเป็นจำนวนเงินประมาณ 31,090.92 บาทต่อปี สำหรับการทำให้ DC-bench measurement ซึ่งค่าที่ได้จากการทดลองนั้น มีความแม่นยำถึง 99.96% ซึ่งเป็นค่าที่ยอมรับได้ ทำให้โปรเจกสำเร็จเป็นไปตามวัตถุประสงค์

5.2 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะของการทำโครงการสหกิจเรื่อง การทดสอบชิ้นงาน ไอซีด้วยระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ ที่ บริษัท เอ็นเอ็กซ์ที แมนูแฟคเจอร์ริง (ไทยแลนด์) จำกัด เป็นระยะเวลาทั้งสิ้น 6 เดือน มีข้อเสนอแนะดังนี้

- ผู้ศึกษาควรหมั่นศึกษาการทำงานและหาความรู้ด้วยตนเองอย่างสม่ำเสมอตลอดระยะเวลาฝึกงาน
- ควรศึกษาภาษาอังกฤษ เนื่องจากเนื้อหาบางอย่างไม่อาจค้นหาเป็นภาษาไทยได้
- ระหว่างฝึกงานควรมีอินเทอร์เน็ตให้ เพื่อความรวดเร็วในการศึกษาค้นคว้า

เอกสารอ้างอิง

Basic C language

Wikipedia®. 2561. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

<https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%A0%E0%B8%B2%E0%B8%A9%E0%B8%B2%E0%B8%8B%E0%B8%B5>. 9 มกราคม 2561

GPIB IEEE488 Remote Interface

เสนีย์ เทียนเรียว. 2553. จังหวัดปทุมธานี. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :

[http://www.mechatronics4u.com/articles/341360/GPIB%20Interface%20\(General%20poupost%20interface%20bus\).html](http://www.mechatronics4u.com/articles/341360/GPIB%20Interface%20(General%20poupost%20interface%20bus).html). 8 กันยายน 2553

Parameter analyzer B1500A and Keysight EasyEXPERT

keysight.com [homepage on the Internet]. United States: Keysight Technologies, Inc. Headquarters.

Available from: <https://www.keysight.com/en/pc-2250789/b1500a-semiconductor-device-analyzer?cc=TH&lc=eng>

ภาคผนวก

ในส่วนของตัวโปรแกรมจะใช้ GPIB code ร่วมกับ ภาษา C เพื่อความสะดวกในการเขียนโปรแกรม โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นมีดังนี้

Automatic Temptronic + Shutdown Time

Ver.4

Local Variables Definition

BLOCK

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Read')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Read')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Read')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Read')

Gpib('Write')

Steps = Step-1

!Temperature Settings

IF SoakT=2

Gpib('Write')

Gpib('Write')

FOR WAIT = 0 TO 4000 STEP 1

NUM = NUM+1

NEXT WAIT

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

!SET Temp1

Gpib('Write')

Gpib('Write')

!SET Temp2

Gpib('Write')

Gpib('Write')

!SET Temp3

Gpib('Write')

Gpib('Write')

!SET Temp4

Gpib('Write')

Gpib('Write')

!SET Temp5

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

Gpib('Write')

```

    Gpib( 'Write' )
END IF
!Run 1st temperature
IF SoakT=2
    !Soak LOOP
    LOOP
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Read' )
        IF SoakT=1
            Gpib( 'Write' )
            Gpib( 'Write' )
            Gpib( 'Read' )
            IF SoakT = 1
                EXIT LOOP
            END IF
            Gpib( 'Write' )
        END IF
    END LOOP
END
END IF
!Defrost Mode
Defrost = DefrostMode
IF Defrost = 1
    IF SETP<0 AND SoakT=1
        Gpib( 'Write' )
        !Soak LOOP

```

```

LOOP
    Gpib( 'Write' )
    Gpib( 'Write' )
    Gpib( 'Read' )
    IF SoakT=1
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Read' )
        IF SoakT = 1
            EXIT LOOP
        END IF
        Gpib( 'Write' )
    END IF
END LOOP
Gpib( 'Write' )
!Soak LOOP
LOOP
    Gpib( 'Write' )
    Gpib( 'Write' )
    Gpib( 'Read' )
    IF SoakT=1
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Read' )
        IF SoakT = 1
            EXIT LOOP
        END IF

```

```

    Gpib( 'Write' )
END IF
END LOOP
Gpib( 'Write' )
END IF
Gpib( 'Write' )
Gpib( 'Write' )
Done = 1
END IF
!Run next temperature
IF SNP<Steps
    SNP = SNP+1
    Gpib( 'Write' )
    !Soak LOOP
    LOOP
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Read' )
        IF SoakT=1
            Gpib( 'Write' )
            Gpib( 'Write' )
            Gpib( 'Read' )
            IF SoakT = 1
                EXIT LOOP
            END IF
        Gpib( 'Write' )
    END IF
    Gpib( 'Write' )
END IF

```

```

END LOOP
END
ELSE
    !Set Shutdown Time
    IF SETP>25 OR SETP<25
AND Done=0
        Gpib( 'Write' )
        Gpib( 'Write' )
        !Soak LOOP
        LOOP
            Gpib( 'Write' )
            Gpib( 'Write' )
            Gpib( 'Read' )
            IF SoakT=1
                Gpib( 'Write' )
                Gpib( 'Write' )
                Gpib( 'Read' )
                IF SoakT = 1
                    EXIT LOOP
                END IF
            Gpib( 'Write' )
        END IF
    END LOOP
    Gpib( 'Write' )
END IF
Gpib( 'Write' )
Gpib( 'Write' )
Gpib( 'Write' )

```

```
Gpib( 'Write' )  
END  
END IF  
FINALLY  
Gpib( 'Write' )  
END BLOCK
```

74LV1T125

Single supply translating buffer/line driver; 3-state

Rev. 1 — 30 March 2017

Preliminary data sheet

1 General description

The 74LV1T125 is a single supply non-inverting buffer/line driver with 3-state output and level shifting capabilities. The 3-state output is controlled by the output enable input (\overline{OE}). A HIGH-level at pin \overline{OE} causes the output to assume a high-impedance OFF-state. The output level is referenced to the supply voltage and is able to support 1.8 V, 2.5 V, 3.3 V and 5.0 V CMOS levels. The inputs are designed with a lower threshold circuit to match the 1.8 V input logic at $V_{CC} = 3.3$ V and can be used in 1.8 V to 3.3 V level up translation. In addition, the 5 V tolerant input pins enable down translation (3.3 V to 2.5 V output at $V_{CC} = 2.5$ V). The wide V_{CC} range of 1.8 V to 5.5 V allows generation of desired to connect to controllers or processors.

2 Features and benefits

- Single supply voltage translator at 1.8 V, 2.5 V, 3.3 V and 5.0 V
- Up translation
 - 1.2 V to 1.8 V at $V_{CC} = 1.8$ V¹
 - 1.5 V to 2.5 V at $V_{CC} = 2.5$ V¹
 - 1.8 V to 3.3 V at $V_{CC} = 3.3$ V¹
 - 3.3 V to 5.0 V at $V_{CC} = 5.0$ V
- Down translation
 - 3.3 V to 1.8 V at $V_{CC} = 1.8$ V
 - 3.3 V to 2.5 V at $V_{CC} = 2.5$ V
 - 5.0 V to 3.3 V at $V_{CC} = 3.3$ V
- Output Y is referenced to V_{CC}
- Output drive
 - 3 mA output drive at $V_{CC} = 1.8$ V
 - 5 mA output drive at $V_{CC} = 2.5$ V
 - 7 mA output drive at $V_{CC} = 3.3$ V
 - 8 mA output drive at $V_{CC} = 5.0$ V
- 5 V tolerant inputs
- Latch-up performance exceeds 250 mA per JESD 78 Class II
- ESD protection:
 - HBM ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 Class 2 exceeds 2 kV
 - CDM JESD22-C101F exceeds 1 kV
- Specified from -40 °C to +85 °C and from -40 °C to +125 °C

¹ Refer to the V_{IH}/V_{IL} and output drive for lower V_{CC} condition

3 Applications

- Portable applications
- PC and notebooks
- Automotive

4 Ordering information

Table 1. Ordering information

Type number	Package			Version
	Temperature range	Name	Description	
74LV1T125GW	-40 °C to +125 °C	TSSOP5	plastic thin shrink small outline package; 5 leads; body width 1.25 mm	SOT353-1
74LV1T125GX	-40 °C to +125 °C	X2SON5	X2SON5: plastic thermal enhanced extremely thin small outline package; no leads; 5 terminals; body 0.8 x 0.8 x 0.35 mm	SOT1226

5 Marking

Table 2. Marking

Type number	Marking code ^[1]
74LV1T125GW	SN
74LV1T125GX	SN

[1] The pin 1 indicator is located on the lower left corner of the device, below the marking code.

6 Functional diagram

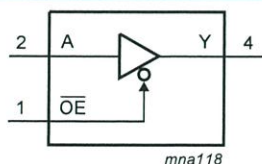


Figure 1. Logic symbol

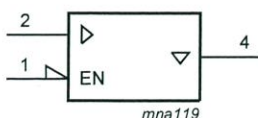


Figure 2. IEC logic symbol

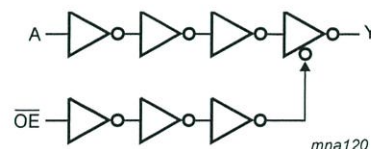


Figure 3. Logic diagram

7 Pinning information

7.1 Pinning

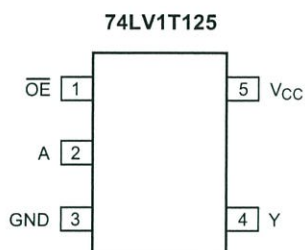


Figure 4. Pin configuration SOT353-1

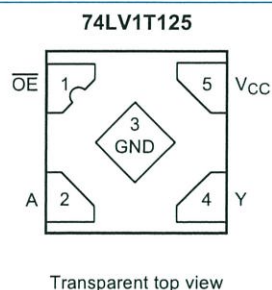


Figure 5. Pin configuration SOT1226 (X2SON5)

7.2 Pin description

Table 3. Pin description

Symbol	Pin	Description
OE	1	output enable input
A	2	data input
GND	3	ground (0 V)
Y	4	data output
V _{CC}	5	supply voltage

8 Functional description

Table 4. Function table ^[1]

Input		Output
OE	A	Y
L	L	L
L	H	H
H	X	Z

[1] H = HIGH voltage level; L = LOW voltage level; X = don't care; Z = high-impedance OFF-state.

9 Limiting values

Table 5. Limiting values

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134). Voltages are referenced to GND (ground = 0 V).

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Max	Unit
V_{CC}	supply voltage		-0.5	+7.0	V
V_I	input voltage	[1]	-0.5	+7.0	V
V_O	output voltage	output HIGH or LOW state [2] [3]	-0.5	$V_{CC} + 0.5$	V
		output in 3-state or power-off state [2]	-0.5	4.6	V
I_{IK}	input clamping current	$V_I < 0$ V	-20	-	mA
I_{OK}	output clamping current	$V_O < 0$ V or $V_O > V_{CC}$	-	± 20	mA
I_O	output current	$V_O = 0$ V to V_{CC}	-	± 25	mA
I_{CC}	supply current		-	50	mA
I_{GND}	ground current		-50	-	mA
T_{stg}	storage temperature		-65	+150	°C
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} = -40$ °C to +125 °C [4]	-	250	mW

[1] If the input current ratings are observed, the minimum input voltage ratings may be exceeded.

[2] If the output current ratings are observed, the output voltage ratings may be exceeded.

[3] This value is limited to 7 V maximum.

[4] For TSSOP5 packages: above 75 °C the value of P_{tot} derates linearly with 3.3 mW/K.

For X2SON5 package: above 70 °C the value of P_{tot} derates linearly with 3.1 mW/K.

10 Recommended operating conditions

Table 6. Recommended operating conditions

Voltages are referenced to GND (ground = 0 V).

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
V_{CC}	supply voltage		1.6	5.0	5.5	V
V_I	input voltage		0	-	5.5	V
V_O	output voltage	output HIGH or LOW state	0	-	V_{CC}	V
T_{amb}	ambient temperature		-40	+25	+125	°C
$\Delta t/\Delta V$	input transition rise and fall rate	$V_{CC} = 1.8$ V to 5.0 V	-	-	20	ns/V

11 Static characteristics

Table 7. Static characteristics

Voltages are referenced to GND (ground = 0 V).

Symbol	Parameter	Conditions	25 °C		-40 °C to +85 °C		-40 °C to +125 °C		Unit
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
V _{IH}	HIGH-level input voltage	V _{CC} = 1.65 V to 1.8 V	0.94	-	1.0	-	1.0	-	V
		V _{CC} = 2.0 V	0.99	-	1.03	-	1.03	-	V
		V _{CC} = 2.25 V to 2.5 V	1.135	-	1.18	-	1.18	-	V
		V _{CC} = 2.75 V	1.21	-	1.23	-	1.23	-	V
		V _{CC} = 3.0 V to 3.3 V	1.35	-	1.37	-	1.37	-	V
		V _{CC} = 3.6 V	1.47	-	1.48	-	1.48	-	V
		V _{CC} = 4.5 V to 5.0 V	2.02	-	2.03	-	2.03	-	V
		V _{CC} = 5.5 V	2.10	-	2.11	-	2.11	-	V
V _{IL}	LOW-level input voltage	V _{CC} = 1.65 V to 2.0 V	-	0.58	-	0.55	-	0.55	V
		V _{CC} = 2.25 V to 2.75 V	-	0.75	-	0.71	-	0.71	V
		V _{CC} = 3.0 V to 3.6 V	-	0.80	-	0.65	-	0.65	V
		V _{CC} = 4.5 V to 5.5 V	-	0.80	-	0.80	-	0.80	V
V _{OH}	HIGH-level output voltage	V _I = V _{IH} or V _{IL} ;							
		V _{CC} = 1.65 V to 5.5 V; I _O = -20 µA	V _{CC} -0.1	-	V _{CC} -0.1	-	V _{CC} -0.1	-	V
		V _{CC} = 1.65 V; I _O = -2 mA	1.28	-	1.21	-	1.21	-	V
		V _{CC} = 1.8 V; I _O = -2 mA	1.5	-	1.45	-	1.45	-	V
		V _{CC} = 2.3 V; I _O = -2.3 mA	2.0	-	2.0	-	2.0	-	V
		V _{CC} = 2.3 V; I _O = -3 mA	2.0	-	1.93	-	1.93	-	V
		V _{CC} = 2.5 V; I _O = -3 mA	2.25	-	2.15	-	2.15	-	V
		V _{CC} = 3.0 V; I _O = -3 mA	2.78	-	2.7	-	2.7	-	V
		V _{CC} = 3.0 V; I _O = -5.5 mA	2.6	-	2.49	-	2.49	-	V
		V _{CC} = 3.3 V; I _O = -5.5 mA	2.9	-	2.8	-	2.8	-	V
		V _{CC} = 4.5 V; I _O = -4 mA	4.2	-	4.1	-	4.1	-	V
		V _{CC} = 4.5 V; I _O = -8 mA	4.1	-	3.95	-	3.95	-	V
V _{CC} = 5.0 V; I _O = -8 mA	4.6	-	4.5	-	4.5	-	V		
V _{OL}	LOW-level output voltage	V _I = V _{IH} or V _{IL}							
		V _{CC} = 1.65 V to 5.5 V; I _O = 20 µA	-	0.1	-	0.1	-	0.1	V
		V _{CC} = 1.65 V; I _O = 2 mA	-	0.2	-	0.25	-	0.25	V
		V _{CC} = 2.3 V; I _O = 2.3 mA	-	0.1	-	0.15	-	0.15	V
		V _{CC} = 2.3 V; I _O = 3 mA	-	0.15	-	0.2	-	0.2	V
		V _{CC} = 3.0 V; I _O = 3 mA	-	0.1	-	0.15	-	0.15	V

Symbol	Parameter	Conditions	25 °C		-40 °C to +85 °C		-40 °C to +125 °C		Unit
			Min	Max	Min	Max	Min	Max	
		$V_{CC} = 3.0\text{ V}; I_O = 5.5\text{ mA}$	-	0.2	-	0.252	-	0.252	V
		$V_{CC} = 4.5\text{ V}; I_O = 4\text{ mA}$	-	0.15	-	0.2	-	0.2	V
		$V_{CC} = 4.5\text{ V}; I_O = 8\text{ mA}$	-	0.3	-	0.35	-	0.35	V
I_I	input leakage current	$V_I = V_{CC}$ or GND; $V_{CC} = 0\text{ V}$ to 5.5 V	-	± 0.1	-	± 1	-	± 1	μA
I_{OZ}	OFF-state output current		-	± 0.25	-	± 2.5	-	± 2.5	μA
I_{CC}	supply current	$V_I = V_{CC}$ or GND; $I_O = 0\text{ A}$; $V_{CC} = 1.8\text{ V}, 2.5\text{ V}, 3.3\text{ V}, 5.0\text{ V}$	-	1	-	10	-	10	μA
ΔI_{CC}	additional supply current	per input pin; $V_{CC} = 1.8\text{ V}$; $V_I = 0.3\text{ V}$ or 1.1 V; $I_O = 0\text{ A}$; other pins at V_{CC} or GND	-	10	-	10	-	10	μA
		per input pin; $V_{CC} = 5.5\text{ V}$; $V_I = 0.3\text{ V}$ or 3.4 V; $I_O = 0\text{ A}$; other pins at V_{CC} or GND	-	1.35	-	1.5	-	1.5	mA

12 Dynamic characteristics

Table 8. Dynamic characteristics

$GND = 0\text{ V}$. For test circuit, see [Figure 8](#).

Symbol	Parameter	Conditions	-40 °C to +125 °C					Unit
			Min	Typ 25 °C	Max 25 °C	Max 85 °C	Max 125 °C	
t_{pd}	propagation delay	A to Y; see Figure 6 ^[1]						
		$V_{CC} = 1.8\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	6.5	9.6	10.8	11.6	ns
		$V_{CC} = 1.8\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	7.6	10.8	12.2	13.1	ns
		$V_{CC} = 2.5\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	4.6	6.6	7.5	8.0	ns
		$V_{CC} = 2.5\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	5.3	7.4	8.4	9.1	ns
		$V_{CC} = 3.3\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	3.8	5.4	6.0	6.4	ns
		$V_{CC} = 3.3\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	4.4	6.0	6.8	7.3	ns
		$V_{CC} = 5.0\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	3.2	4.1	4.4	4.7	ns
		$V_{CC} = 5.0\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	3.6	4.6	5.1	5.4	ns
t_{en}	enable time	\overline{OE} to Y; see Figure 7 ^[1]						
		$V_{CC} = 1.8\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	7.8	10.7	12.1	12.9	ns
		$V_{CC} = 1.8\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	9.0	12.5	14.2	15.3	ns
		$V_{CC} = 2.5\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	5.5	7.1	8.0	8.6	ns
		$V_{CC} = 2.5\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	6.3	8.3	9.3	10.0	ns
		$V_{CC} = 3.3\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	4.5	5.6	6.3	6.8	ns
		$V_{CC} = 3.3\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	5.1	6.4	7.2	7.7	ns
		$V_{CC} = 5.0\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	3.2	4.1	4.6	4.8	ns
		$V_{CC} = 5.0\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	3.7	4.7	5.3	5.5	ns
t_{dis}	disable time	\overline{OE} to Y; see Figure 7 ^[1]						
		$V_{CC} = 1.8\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	7.6	9.3	10.3	11.0	ns
		$V_{CC} = 1.8\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	10.5	12.2	13.2	13.9	ns
		$V_{CC} = 2.5\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	5.5	6.6	7.3	7.7	ns
		$V_{CC} = 2.5\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	7.4	8.5	9.3	9.7	ns
		$V_{CC} = 3.3\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	4.5	5.5	6.0	6.3	ns
		$V_{CC} = 3.3\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	5.9	6.9	7.4	7.8	ns
		$V_{CC} = 5.0\text{ V}; C_L = 15\text{ pF}$	-	4.0	5.1	5.5	5.7	ns
		$V_{CC} = 5.0\text{ V}; C_L = 30\text{ pF}$	-	5.0	5.9	6.3	6.6	ns
C_I	input capacitance	$V_I = V_{CC}$ or GND; $V_{CC} = 3.3\text{ V}$	-	1.5	10	2	10	pF
C_O	output capacitance	$V_O = V_{CC}$ or GND; $V_{CC} = 3.3\text{ V}$	-	2.5	-	-	-	pF

Symbol	Parameter	Conditions	-40 °C to +125 °C					Unit
			Min	Typ 25 °C	Max 25 °C	Max 85 °C	Max 125 °C	
C _{PD}	power dissipation capacitance	per buffer; V _I = GND to V _{CC} ; C _L = 30 pF; f = 10 MHz						
		V _{CC} = 1.8 V	-	4.9	-	-	-	pF
		V _{CC} = 2.5 V	-	5.4	-	-	-	pF
		V _{CC} = 3.3 V	-	6.4	-	-	-	pF
		V _{CC} = 5.0 V	-	9.2	-	-	-	pF

[1] t_{pd} is the same as t_{PLH} and t_{PHL}, t_{en} is the same as t_{PZL} and t_{PZH}, t_{dis} is the same as t_{PLZ} and t_{PHZ}.

[2] C_{PD} is used to determine the dynamic power dissipation (P_D in μW).

$$P_D = C_{PD} \times V_{CC}^2 \times f_i \times N + \sum(C_L \times V_{CC}^2 \times f_o)$$

f_i = input frequency in MHz;

f_o = output frequency in MHz;

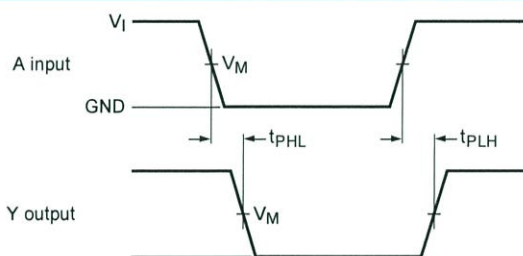
C_L = output load capacitance in pF;

V_{CC} = supply voltage in V;

N = number of inputs switching;

∑(C_L × V_{CC}² × f_o) = sum of the outputs.

12.1 Waveforms and test circuit

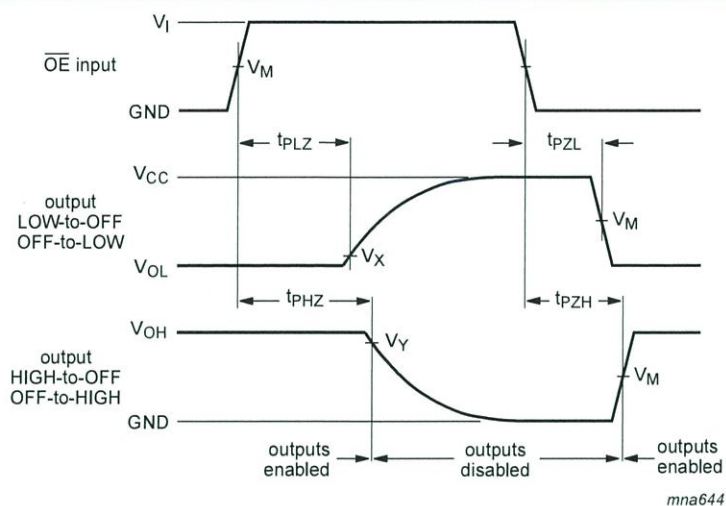


001aad070

Measurement points are given in [Table 9](#).

V_{OL} and V_{OH} are typical voltage output levels that occur with the output load.

Figure 6. The input A to output Y propagation delays



Measurement points are given in [Table 9](#).

V_{OL} and V_{OH} are typical voltage output levels that occur with the output load.

Figure 7. 3-state enable and disable times

Table 9. Measurement points

Input	Output		
V_M	V_M	V_X	V_Y
$0.5V_I$	$0.5V_{CC}$	$V_{OL} + 0.3 V$	$V_{OH} - 0.3 V$

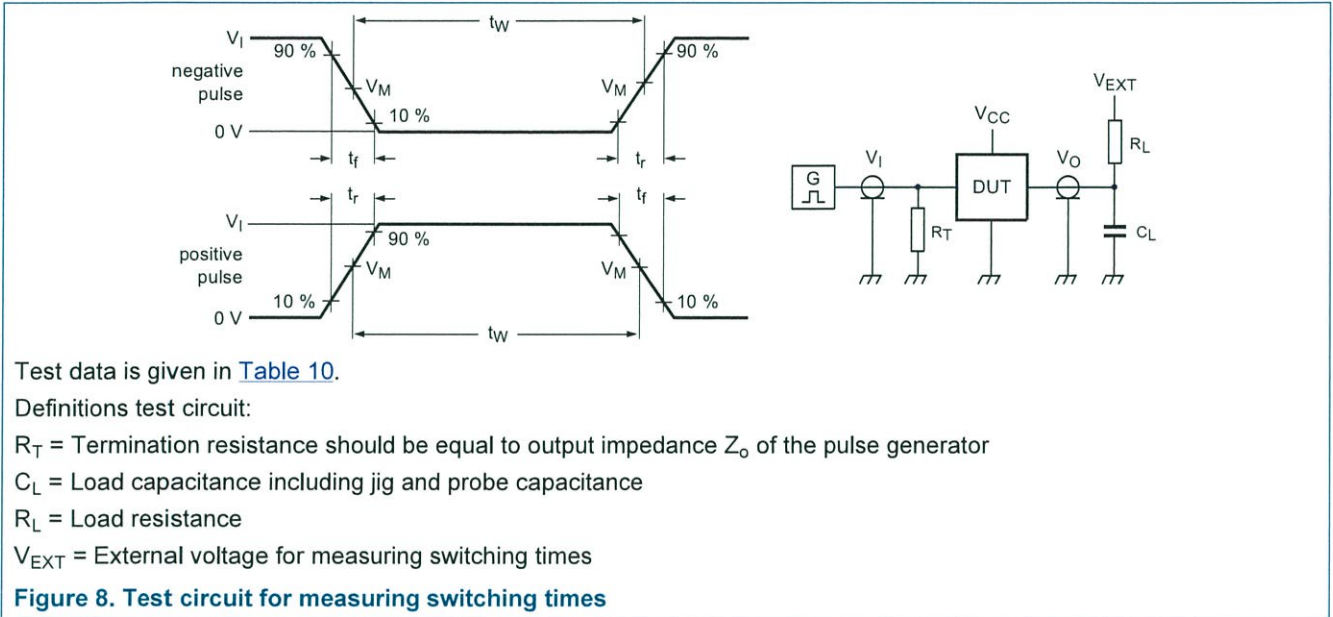


Table 10. Test data

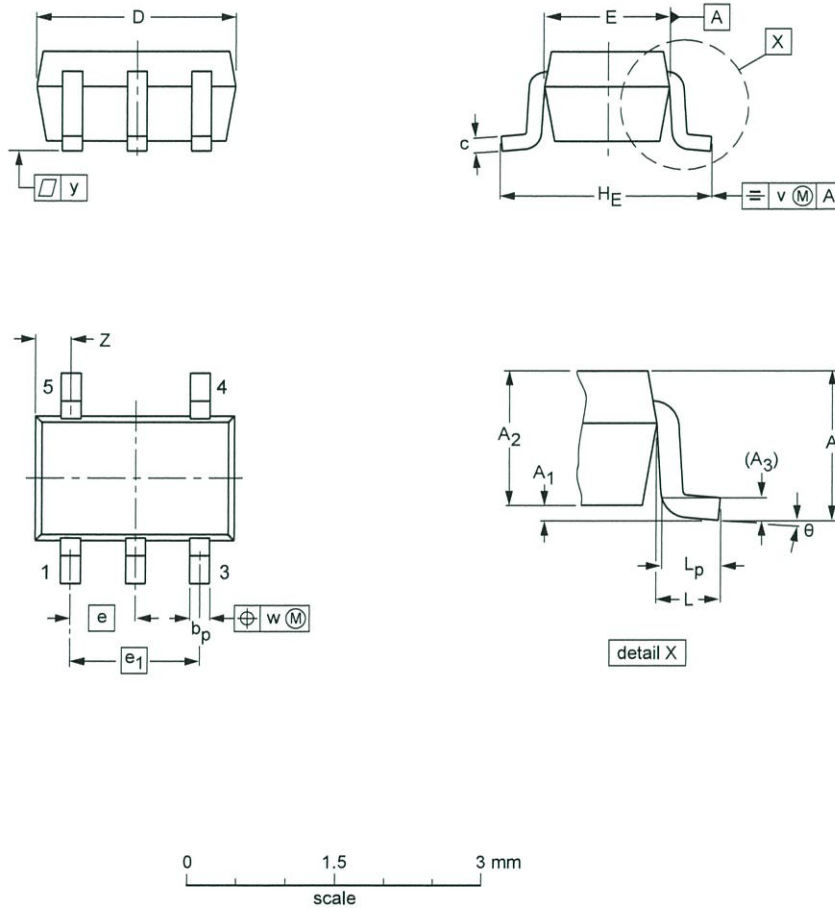
Supply voltage		Input		Load		V_{EXT}		
V_{CC}	V_I	$\Delta V/\Delta V$ [1]	f_{max}	C_L	R_L	t_{PLH} , t_{PHL}	t_{PZH} , t_{PHZ}	t_{PZL} , t_{PLZ}
1.8 V	V_{CC}	≤ 1.0 ns/V	15 MHz	15 pF, 30 pF	1 k Ω	open	GND	V_{CC}
2.5 V	V_{CC}	≤ 1.0 ns/V	25 MHz	15 pF, 30 pF	1 k Ω	open	GND	V_{CC}
3.3 V	3 V	≤ 1.0 ns/V	50 MHz	15 pF, 30 pF	1 k Ω	open	GND	V_{CC}
5.0 V	3 V	≤ 1.0 ns/V	50 MHz	15 pF, 30 pF	1 k Ω	open	GND	V_{CC}

[1] $dV/dt \geq 1.0$ V/ns

13 Package outline

TSSOP5: plastic thin shrink small outline package; 5 leads; body width 1.25 mm

SOT353-1



DIMENSIONS (mm are the original dimensions)

UNIT	A max.	A ₁	A ₂	A ₃	b _p	c	D ⁽¹⁾	E ⁽¹⁾	e	e ₁	H _E	L	L _p	v	w	y	Z ⁽¹⁾	θ
mm	1.1	0.1 0	1.0 0.8	0.15	0.30 0.15	0.25 0.08	2.25 1.85	1.35 1.15	0.65	1.3	2.25 2.0	0.425	0.46 0.21	0.3	0.1	0.1	0.60 0.15	7° 0°

Note

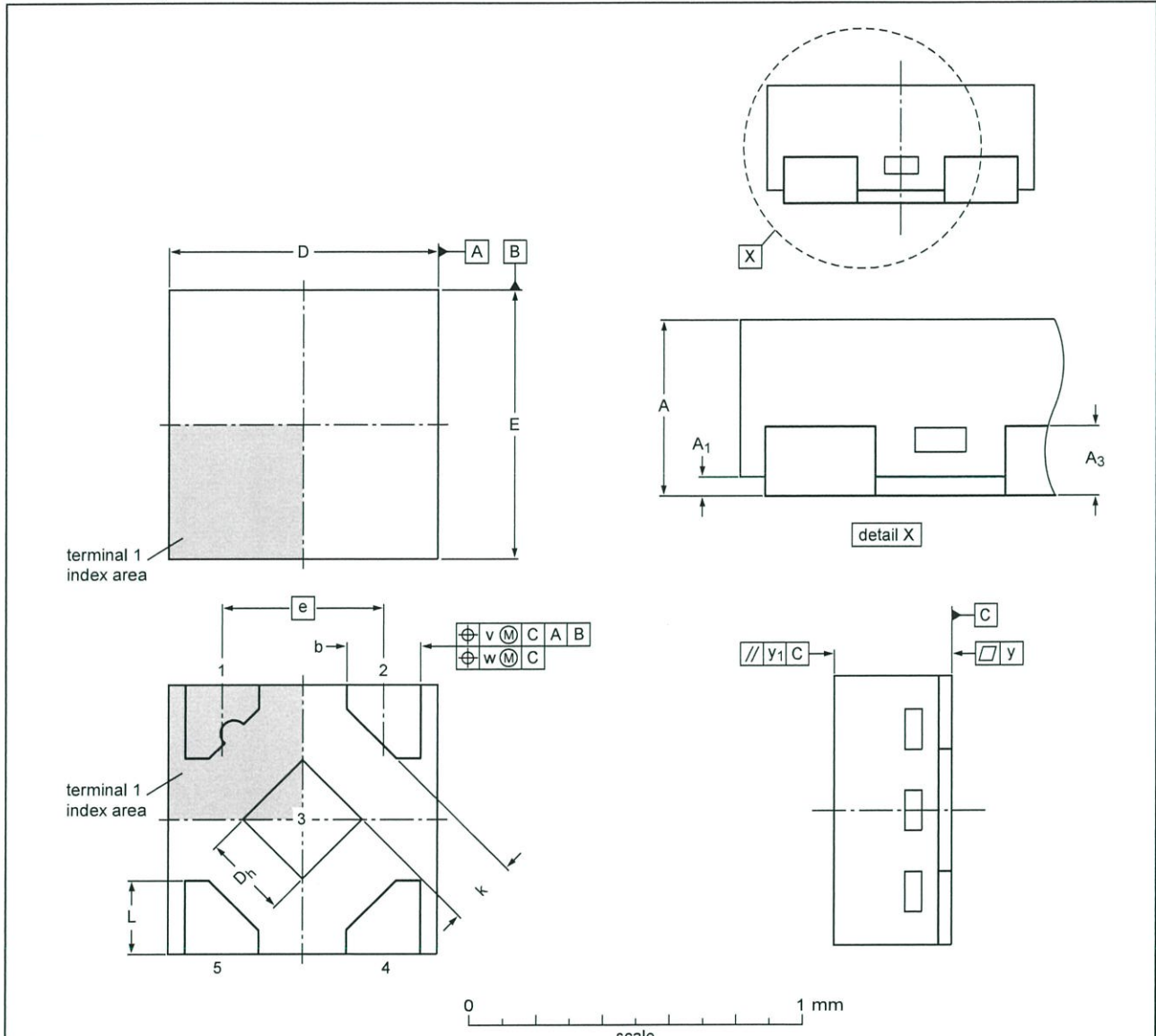
1. Plastic or metal protrusions of 0.15 mm maximum per side are not included.

OUTLINE VERSION	REFERENCES			EUROPEAN PROJECTION	ISSUE DATE
	IEC	JEDEC	JEITA		
SOT353-1		MO-203	SC-88A		00-09-01 03-02-19

Figure 9. Package outline SOT353-1 (TSSOP5)

X2SON5: plastic thermal enhanced extremely thin small outline package; no leads;
5 terminals; body 0.8 x 0.8 x 0.35 mm

SOT1226



Dimensions

Unit	A ⁽¹⁾	A ₁	A ₃	D	D _h	E	b	e	k	L	v	w	y	y ₁
mm	max	0.35	0.04	0.128	0.85	0.30	0.85	0.27		0.27				
	nom			0.80	0.25	0.80	0.22	0.48		0.22	0.1	0.05	0.05	0.05
	min		0.040	0.75	0.20	0.75	0.17		0.20	0.17				

Note

1. Dimension A is including plating thickness.
2. Plastic or metal protrusions of 0.075 mm maximum per side are not included.

sot1226_po


Outline version	References				European projection	Issue date
	IEC	JEDEC	EIAJ			
SOT1226						12-04-10 12-04-25

Figure 10. Package outline SOT1226 (X2SON5)

14 Abbreviations

Table 11. Abbreviations

Acronym	Description
CDM	Charge Device Model
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
DUT	Device Under Test
ESD	ElectroStatic Discharge
HBM	Human Body Model

15 Revision history

Table 12. Revision history

Document ID	Release date	Data sheet status	Change notice	Supersedes
74LV1T125 v.1	20170420	Preliminary data sheet	-	-

16 Legal information

16.1 Data sheet status

Document status ^{[1][2]}	Product status ^[3]	Definition
Objective [short] data sheet	Development	This document contains data from the objective specification for product development.
Preliminary [short] data sheet	Qualification	This document contains data from the preliminary specification.
Product [short] data sheet	Production	This document contains the product specification.

[1] Please consult the most recently issued document before initiating or completing a design.

[2] The term 'short data sheet' is explained in section "Definitions".

[3] The product status of device(s) described in this document may have changed since this document was published and may differ in case of multiple devices. The latest product status information is available on the Internet at URL <http://www.nexperia.com>.

16.2 Definitions

Draft — The document is a draft version only. The content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. Nexperia does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included herein and shall have no liability for the consequences of use of such information.

Short data sheet — A short data sheet is an extract from a full data sheet with the same product type number(s) and title. A short data sheet is intended for quick reference only and should not be relied upon to contain detailed and full information. For detailed and full information see the relevant full data sheet, which is available on request via the local Nexperia sales office. In case of any inconsistency or conflict with the short data sheet, the full data sheet shall prevail.

Product specification — The information and data provided in a Product data sheet shall define the specification of the product as agreed between Nexperia and its customer, unless Nexperia and customer have explicitly agreed otherwise in writing. In no event however, shall an agreement be valid in which the Nexperia product is deemed to offer functions and qualities beyond those described in the Product data sheet.

16.3 Disclaimers

Limited warranty and liability — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, Nexperia does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. Nexperia takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of Nexperia. In no event shall Nexperia be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory. Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, Nexperia's aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of Nexperia.

Right to make changes — Nexperia reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Suitability for use — Nexperia products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical

systems or equipment, nor in applications where failure or malfunction of an Nexperia product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. Nexperia and its suppliers accept no liability for inclusion and/or use of Nexperia products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

Applications — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. Nexperia makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification. Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using Nexperia products, and Nexperia accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the Nexperia product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products. Nexperia does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using Nexperia products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). Nexperia does not accept any liability in this respect.

Limiting values — Stress above one or more limiting values (as defined in the Absolute Maximum Ratings System of IEC 60134) will cause permanent damage to the device. Limiting values are stress ratings only and (proper) operation of the device at these or any other conditions above those given in the Recommended operating conditions section (if present) or the Characteristics sections of this document is not warranted. Constant or repeated exposure to limiting values will permanently and irreversibly affect the quality and reliability of the device.

Terms and conditions of commercial sale — Nexperia products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <http://www.nexperia.com/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. Nexperia hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of Nexperia products by customer.

No offer to sell or license — Nothing in this document may be interpreted or construed as an offer to sell products that is open for acceptance or the grant, conveyance or implication of any license under any copyrights, patents or other industrial or intellectual property rights.

Export control — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

Single supply translating buffer/line driver; 3-state

Non-automotive qualified products — Unless this data sheet expressly states that this specific Nexperia product is automotive qualified, the product is not suitable for automotive use. It is neither qualified nor tested in accordance with automotive testing or application requirements. Nexperia accepts no liability for inclusion and/or use of non-automotive qualified products in automotive equipment or applications. In the event that customer uses the product for design-in and use in automotive applications to automotive specifications and standards, customer (a) shall use the product without Nexperia's warranty of the product for such automotive applications, use and specifications, and (b) whenever customer uses the product for automotive applications beyond Nexperia's specifications such use shall be solely at customer's own risk, and (c) customer fully indemnifies Nexperia for any liability, damages or failed product claims resulting from customer

design and use of the product for automotive applications beyond Nexperia's standard warranty and Nexperia's product specifications.

Translations — A non-English (translated) version of a document is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

16.4 Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names and trademarks are the property of their respective owners.

Contents

1	General description	1
2	Features and benefits	1
3	Applications	2
4	Ordering information	2
5	Marking	2
6	Functional diagram	2
7	Pinning information	3
7.1	Pinning	3
7.2	Pin description	3
8	Functional description	3
9	Limiting values	4
10	Recommended operating conditions	4
11	Static characteristics	5
12	Dynamic characteristics	7
12.1	Waveforms and test circuit	8
13	Package outline	11
14	Abbreviations	13
15	Revision history	13
16	Legal information	14

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.

© Nexperia B.V. 2017.

All rights reserved.

For more information, please visit: <http://www.nexperia.com>

For sales office addresses, please send an email to: salesaddresses@nexperia.com

Date of release: 30 March 2017
Document identifier: 74LV1T125

Manual - Test Results

NewB1500LoadData.xlsm Rev. 4.A.A

Parameter	Test Name	Temp °C	Vcc (V)	Force	Avg. Devices	Med.	StDev.	Min	Max	Pref	Unit	DUT Results					
												n	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5
icc_0v0_5v0_A_High	icc_0v0	-40	5	0	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0003	u	A	5	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002
icc_0v0_5v0_A_High	icc_5v0	-40	5	0	0.0001	0	0	0	0.0001	u	A	5	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0001
icc_0v0_5v0_A_low	icc_0v0	-40	5	0	0.0002	0.0002	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002
icc_0v0_5v0_A_low	icc_5v0	-40	5	0	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0001	u	A	5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
lin_VCC_5v5	lin_0v0	-40	5.5	5.5	0	0	0	0	0	u	A	5	0	0	0	0	0
lin_VCC_5v5	lin_5v5	-40	5.5	5.5	0.0002	0.0001	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
loz_5v5	loz_0v0	-40	5.5	5.5	0	0	0	0	0	u	A	5	0	0	0	0	0
loz_5v5	loz_5v5	-40	5.5	5.5	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
Vih_Vil_2v0	Vih	-40	2	0	0.872	0.865	0.0057	0.865	0.88	V	V	5	0.87	0.88	0.865	0.87	0.875
Vih_Vil_2v0	Vil	-40	2	0	0.841	0.835	0.0042	0.835	0.845	V	V	5	0.84	0.845	0.835	0.84	0.845
Vih_Vil_2v5	Vih	-40	2.5	0	1.001	0.995	0.0042	0.995	1.005	V	V	5	1	1.005	0.995	1	1.005
Vih_Vil_2v5	Vil	-40	2.5	0	0.966	0.96	0.0042	0.96	0.97	V	V	5	0.965	0.97	0.96	0.965	0.97
Vih_Vil_3V0	Vih	-40	3	0	1.117	1.11	0.0057	1.11	1.125	V	V	5	1.115	1.125	1.11	1.115	1.12
Vih_Vil_3V0	Vil	-40	3	0	1.079	1.07	0.0055	1.07	1.085	V	V	5	1.08	1.085	1.07	1.08	1.08
Vih_Vil_4V5	Vih	-40	4.5	0	1.432	1.425	0.0057	1.425	1.44	V	V	5	1.43	1.44	1.425	1.43	1.435
Vih_Vil_4V5	Vil	-40	4.5	0	1.374	1.365	0.0065	1.365	1.38	V	V	5	1.375	1.38	1.365	1.37	1.38
Vih_Vil_5V5	Vih	-40	5.5	0	1.616	1.61	0.0055	1.61	1.62	V	V	5	1.62	1.62	1.61	1.61	1.62
Vih_Vil_5V5	Vil	-40	5.5	0	1.552	1.54	0.0084	1.54	1.56	V	V	5	1.55	1.56	1.54	1.55	1.56
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	-40	2.5	-0.003	2.3929	2.3924	0.0012	2.3916	2.3944	V	V	5	2.3916	2.3944	2.3924	2.394	2.392
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	-40	4.5	-0.004	4.4084	4.408	0.0013	4.4072	4.41	V	V	5	4.4072	4.41	4.408	4.4096	4.4072
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	-40	5	-0.008	4.8251	4.8248	0.0023	4.8224	4.828	V	V	5	4.8224	4.828	4.8248	4.8268	4.8236
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	-40	3	0.003	0.0586	0.0584	0.0009	0.0576	0.0598	V	V	5	0.0598	0.058	0.0584	0.0576	0.0592
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	-40	4.5	0.004	0.0631	0.0628	0.0009	0.0622	0.0642	V	V	5	0.0642	0.0624	0.0628	0.0622	0.0638
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	-40	5.5	0	0.0003	0.0004	0	0.0003	0.0004	V	V	5	0.0004	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003
icc_0v0_5v0_A_High	icc_0v0	25	5	0	0.0003	0.0004	0.0001	0.0003	0.0004	u	A	5	0.0004	0.0004	0.0004	0.0003	0.0004
icc_0v0_5v0_A_High	icc_5v0	25	5	0	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
icc_0v0_5v0_A_low	icc_0v0	25	5	0	0.0003	0.0002	0	0.0002	0.0003	u	A	5	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
icc_0v0_5v0_A_low	icc_5v0	25	5	0	0.0002	0.0002	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002
lin_VCC_5v5	lin_0v0	25	5.5	5.5	0	0	0	0	0	u	A	5	0	0	0	0	0
lin_VCC_5v5	lin_5v5	25	5.5	5.5	0.0003	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	u	A	5	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
loz_5v5	loz_0v0	25	5.5	5.5	-0.0001	-0.0001	0	-0.0001	-0.0001	u	A	5	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001
loz_5v5	loz_5v5	25	5.5	5.5	0.0003	0.0002	0	0.0002	0.0003	u	A	5	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003
Vih_Vil_2v0	Vih	25	2	0	0.851	0.845	0.0042	0.845	0.855	V	V	5	0.85	0.855	0.845	0.85	0.855
Vih_Vil_2v0	Vil	25	2	0	0.822	0.815	0.0057	0.815	0.83	V	V	5	0.82	0.83	0.815	0.82	0.825
Vih_Vil_2v5	Vih	25	2.5	0	0.982	0.975	0.0057	0.975	0.99	V	V	5	0.98	0.99	0.975	0.98	0.985
Vih_Vil_2v5	Vil	25	2.5	0	0.951	0.945	0.0042	0.945	0.955	V	V	5	0.95	0.955	0.945	0.95	0.955
Vih_Vil_3V0	Vih	25	3	0	1.106	1.1	0.0042	1.1	1.11	V	V	5	1.105	1.11	1.1	1.105	1.11
Vih_Vil_3V0	Vil	25	3	0	1.066	1.06	0.0042	1.06	1.07	V	V	5	1.065	1.07	1.06	1.065	1.07
Vih_Vil_4V5	Vih	25	4.5	0	1.435	1.425	0.0061	1.425	1.44	V	V	5	1.435	1.44	1.425	1.435	1.44
Vih_Vil_4V5	Vil	25	4.5	0	1.376	1.37	0.0042	1.37	1.38	V	V	5	1.375	1.38	1.37	1.375	1.38
Vih_Vil_5V5	Vih	25	5.5	0	1.63	1.62	0.0071	1.62	1.64	V	V	5	1.63	1.64	1.62	1.63	1.63
Vih_Vil_5V5	Vil	25	5.5	0	1.564	1.56	0.0055	1.56	1.57	V	V	5	1.56	1.57	1.56	1.56	1.57
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	25	2.5	-0.003	2.3774	2.378	0.0012	2.376	2.3788	V	V	5	2.376	2.3788	2.378	2.3776	2.3764
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	25	4.5	-0.004	4.3969	4.3972	0.0008	4.396	4.398	V	V	5	4.3964	4.398	4.3972	4.3968	4.396
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	25	5	-0.008	4.8042	4.8052	0.0019	4.802	4.8064	V	V	5	4.8024	4.8064	4.8052	4.8048	4.802
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	25	3	0.003	0.0673	0.0665	0.0008	0.0665	0.0684	V	V	5	0.0684	0.0669	0.0665	0.0667	0.068
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	25	4.5	0.004	0.0717	0.0708	0.0008	0.0708	0.0728	V	V	5	0.0728	0.0714	0.0708	0.0712	0.0724
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	25	5.5	0	0.0004	0.0004	0	0.0004	0.0004	V	V	5	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
icc_0v0_5v0_A_High	icc_0v0	85	5	0	0.0008	0.0007	0.0001	0.0007	0.0009	u	A	5	0.0007	0.0009	0.0007	0.0008	0.0007
icc_0v0_5v0_A_High	icc_5v0	85	5	0	0.0004	0.0003	0	0.0003	0.0004	u	A	5	0.0004	0.0004	0.0003	0.0004	0.0004
icc_0v0_5v0_A_low	icc_0v0	85	5	0	0.0006	0.0006	0.0001	0.0006	0.0007	u	A	5	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0007
icc_0v0_5v0_A_low	icc_5v0	85	5	0	0.0004	0.0004	0	0.0004	0.0005	u	A	5	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0004
lin_VCC_5v5	lin_0v0	85	5.5	5.5	0	0	0	0	0	u	A	5	0	0	0	0	0
lin_VCC_5v5	lin_5v5	85	5.5	5.5	0.0004	0.0003	0.0001	0.0003	0.0005	u	A	5	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005
loz_5v5	loz_0v0	85	5.5	5.5	-0.0003	-0.0003	0	-0.0003	-0.0003	u	A	5	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003
loz_5v5	loz_5v5	85	5.5	5.5	0.0006	0.0005	0.0001	0.0005	0.0008	u	A	5	0.0006	0.0008	0.0005	0.0007	0.0005
Vih_Vil_2v0	Vih	85	2	0	0.834	0.83	0.0042	0.83	0.84	V	V	5	0.835	0.84	0.83	0.83	0.835
Vih_Vil_2v0	Vil	85	2	0	0.806	0.8	0.0042	0.8	0.81	V	V	5	0.805	0.81	0.8	0.805	0.81
Vih_Vil_2v5	Vih	85	2.5	0	0.969	0.965	0.0042	0.965	0.975	V	V	5	0.97	0.975	0.965	0.965	0.97
Vih_Vil_2v5	Vil	85	2.5	0	0.936	0.93	0.0042	0.93	0.94	V	V	5	0.935	0.94	0.93	0.935	0.94
Vih_Vil_3V0	Vih	85	3	0	1.095	1.09	0.0035	1.09	1.1	V	V	5	1.095	1.1	1.09	1.095	1.095
Vih_Vil_3V0	Vil	85	3	0	1.056	1.05	0.0042	1.05	1.06	V	V	5	1.055	1.06	1.05	1.055	1.06
Vih_Vil_4V5	Vih	85	4.5	0	1.437	1.43	0.0057	1.43	1.445	V	V	5	1.435	1.445	1.43	1.435	1.44
Vih_Vil_4V5	Vil	85	4.5	0	1.376	1.37	0.0042	1.37	1.38	V	V	5	1.375	1.38	1.37	1.375	1.38
Vih_Vil_5V5	Vih	85	5.5	0	1.642	1.63	0.0084	1.63	1.65	V	V	5	1.64	1.65	1.63	1.64	1.65
Vih_Vil_5V5	Vil	85	5.5	0	1.574	1.57	0.0055	1.57	1.58	V	V	5	1.57	1.58	1.57	1.57	1.58
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	85	2.5	-0.003	2.3629	2.3636	0.0009	2.362	2.364	V	V	5	2.362	2.364	2.3636	2.3628	2.362
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	85	4.5	-0.004	4.3861	4.3872	0.0011	4.3848	4.3872	V	V	5	4.3852	4.3872	4.3872	4.386	4.3848
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	85	5	-0.008	4.7833	4.7852	0.002	4.7812	4.7856	V	V	5	4.782	4.7856	4.7852	4.7824	4.7812
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	85	3	0.003	0.0769	0.0755	0.001	0.0755	0.078	V	V	5	0.078	0.0765	0.0755	0.077	0.0777
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	85	4.5	0.004	0.0814	0.08	0.001	0.08	0.0825	V	V	5	0.0825	0.0808	0.08	0.0814	0.0821
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	85	5.5	0	0.0004	0.0004	0	0.0004	0.0004	V	V	5	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
icc_0v0_5v0_A_High	icc_0v0	125	5	0	0.0021	0.0018	0.0004	0.0017	0.0026	u	A	5	0.0017	0.0026	0.0018	0.0025	0.0018
icc_0v0_5v0_A_High	icc_5v0	125	5	0	0.0012	0.001	0.0002	0.001	0.0015	u	A	5	0.0011	0.0012	0		

Automatic - Test results

NewB1500LoadData.xlsm Rev. 4.A.A

Parameter	Test Name	Temp °C	Vcc (V)	Force	Avg.						DUT Results						
					Devices	Med.	StDev.	Min	Max	Pref	Unit	n	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_0v0	-40	5	0	0.0002	0.0002	0	0.0002	0.0003	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_5v0	-40	5	0	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0001	u	A	5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
kcc_0v0_5v0_A_low	kcc_0v0	-40	5	0	0.0002	0.0001	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002
kcc_0v0_5v0_A_low	kcc_5v0	-40	5	0	0.0001	0.0001	0	0.0001	0.0001	u	A	5	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
lin_VCC_5v5	lin_0v0	-40	5.5	5.5	0	0	0	0	0	u	A	5	0	0	0	0	0
lin_VCC_5v5	lin_5v5	-40	5.5	5.5	0.0002	0.0001	0	0.0001	0.0003	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003
koz_5v5	koz_0v0	-40	5.5	5.5	0	-0.0001	0	-0.0001	0	u	A	5	0	-0.0001	-0.0001	0	0
koz_5v5	koz_5v5	-40	5.5	5.5	0.0002	0.0001	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
Vih_Vil_2v0	Vih	-40	2	0	0.871	0.865	0.0042	0.865	0.875	V	V	5	0.87	0.875	0.865	0.87	0.875
Vih_Vil_2v0	Vil	-40	2	0	0.841	0.835	0.0042	0.835	0.845	V	V	5	0.84	0.845	0.835	0.84	0.845
Vih_Vil_2v5	Vih	-40	2.5	0	1.001	0.995	0.0042	0.995	1.005	V	V	5	1	1.005	0.995	1	1.005
Vih_Vil_2v5	Vil	-40	2.5	0	0.966	0.96	0.0042	0.96	0.97	V	V	5	0.965	0.97	0.96	0.965	0.97
Vih_Vil_3V0	Vih	-40	3	0	1.117	1.11	0.0057	1.11	1.125	V	V	5	1.115	1.125	1.11	1.115	1.12
Vih_Vil_3V0	Vil	-40	3	0	1.078	1.07	0.0057	1.07	1.085	V	V	5	1.08	1.085	1.07	1.075	1.08
Vih_Vil_4V5	Vih	-40	4.5	0	1.432	1.425	0.0057	1.425	1.44	V	V	5	1.43	1.44	1.425	1.43	1.435
Vih_Vil_4V5	Vil	-40	4.5	0	1.375	1.37	0.005	1.37	1.38	V	V	5	1.375	1.38	1.37	1.37	1.38
Vih_Vil_5V5	Vih	-40	5.5	0	1.62	1.61	0.0071	1.61	1.63	V	V	5	1.62	1.63	1.61	1.62	1.62
Vih_Vil_5V5	Vil	-40	5.5	0	1.554	1.55	0.0055	1.55	1.56	V	V	5	1.55	1.56	1.55	1.55	1.56
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	-40	2.5	-0.003	2.3924	2.3924	0.0005	2.3916	2.3928	V	V	5	2.3916	2.3928	2.3924	2.3928	2.3924
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	-40	4.5	-0.004	4.4079	4.4076	0.0009	4.4068	4.4088	V	V	5	4.4068	4.4088	4.4076	4.4088	4.4076
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	-40	5	-0.008	4.8246	4.8248	0.0011	4.8228	4.8256	V	V	5	4.8228	4.8256	4.8248	4.8252	4.8244
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	-40	3	0.003	0.059	0.059	0.0005	0.0582	0.0597	V	V	5	0.0597	0.0589	0.059	0.0582	0.0591
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	-40	4.5	0.004	0.0634	0.0633	0.0006	0.0626	0.0641	V	V	5	0.0641	0.0634	0.0633	0.0626	0.0635
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	-40	5.5	0	0.0003	0.0004	0	0.0003	0.0004	V	V	5	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.0003
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_0v0	25	5	0	0.0003	0.0003	0	0.0003	0.0004	u	A	5	0.0004	0.0003	0.0003	0.0003	0.0004
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_5v0	25	5	0	0.0002	0.0001	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
kcc_0v0_5v0_A_low	kcc_0v0	25	5	0	0.0002	0.0002	0	0.0002	0.0003	u	A	5	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
kcc_0v0_5v0_A_low	kcc_5v0	25	5	0	0.0002	0.0001	0	0.0001	0.0002	u	A	5	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0.0002
lin_VCC_5v5	lin_0v0	25	5.5	5.5	0	0	0	0	0	u	A	5	0	0	0	0	0
lin_VCC_5v5	lin_5v5	25	5.5	5.5	0.0003	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	u	A	5	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003
koz_5v5	koz_0v0	25	5.5	5.5	-0.0001	-0.0001	0	-0.0001	-0.0001	u	A	5	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001
koz_5v5	koz_5v5	25	5.5	5.5	0.0002	0.0002	0	0.0002	0.0003	u	A	5	0.0003	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002
Vih_Vil_2v0	Vih	25	2	0	0.851	0.845	0.0042	0.845	0.855	V	V	5	0.85	0.855	0.845	0.85	0.855
Vih_Vil_2v0	Vil	25	2	0	0.823	0.82	0.0045	0.82	0.83	V	V	5	0.82	0.83	0.82	0.82	0.825
Vih_Vil_2v5	Vih	25	2.5	0	0.983	0.98	0.0045	0.98	0.99	V	V	5	0.98	0.99	0.98	0.98	0.985
Vih_Vil_2v5	Vil	25	2.5	0	0.951	0.945	0.0042	0.945	0.955	V	V	5	0.95	0.955	0.945	0.95	0.955
Vih_Vil_3V0	Vih	25	3	0	1.106	1.1	0.0042	1.1	1.11	V	V	5	1.105	1.11	1.1	1.105	1.11
Vih_Vil_3V0	Vil	25	3	0	1.066	1.06	0.0042	1.06	1.07	V	V	5	1.065	1.07	1.06	1.065	1.07
Vih_Vil_4V5	Vih	25	4.5	0	1.435	1.43	0.005	1.43	1.44	V	V	5	1.435	1.44	1.43	1.43	1.44
Vih_Vil_4V5	Vil	25	4.5	0	1.376	1.37	0.0042	1.37	1.38	V	V	5	1.375	1.38	1.37	1.375	1.38
Vih_Vil_5V5	Vih	25	5.5	0	1.63	1.62	0.0071	1.62	1.64	V	V	5	1.63	1.64	1.62	1.63	1.63
Vih_Vil_5V5	Vil	25	5.5	0	1.564	1.56	0.0055	1.56	1.57	V	V	5	1.56	1.57	1.56	1.56	1.57
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	25	2.5	-0.003	2.3776	2.3784	0.0011	2.376	2.3788	V	V	5	2.376	2.3788	2.3784	2.3776	2.3772
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	25	4.5	-0.004	4.397	4.398	0.0012	4.3952	4.398	V	V	5	4.3952	4.398	4.398	4.3972	4.3964
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	25	5	-0.008	4.8042	4.8064	0.002	4.8016	4.8064	V	V	5	4.8016	4.8056	4.8064	4.8044	4.8028
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	25	3	0.003	0.0674	0.0666	0.0009	0.0666	0.0686	V	V	5	0.0686	0.067	0.0666	0.0668	0.0679
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	25	4.5	0.004	0.0718	0.0711	0.0008	0.0711	0.073	V	V	5	0.073	0.0714	0.0711	0.0713	0.0723
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	25	5.5	0	0.0004	0.0004	0	0.0004	0.0004	V	V	5	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_0v0	85	5	0	0.0008	0.0007	0.0001	0.0007	0.0009	u	A	5	0.0008	0.0009	0.0007	0.0007	0.0007
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_5v0	85	5	0	0.0004	0.0003	0	0.0003	0.0004	u	A	5	0.0004	0.0004	0.0003	0.0003	0.0004
kcc_0v0_5v0_A_low	kcc_0v0	85	5	0	0.0006	0.0006	0	0.0006	0.0007	u	A	5	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006
kcc_0v0_5v0_A_low	kcc_5v0	85	5	0	0.0004	0.0004	0	0.0004	0.0005	u	A	5	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
lin_VCC_5v5	lin_0v0	85	5.5	5.5	0	0	0	0	0	u	A	5	0	0	0	0	0
lin_VCC_5v5	lin_5v5	85	5.5	5.5	0.0004	0.0003	0.0001	0.0003	0.0005	u	A	5	0.0005	0.0004	0.0003	0.0003	0.0005
koz_5v5	koz_0v0	85	5.5	5.5	-0.0003	-0.0003	0	-0.0003	-0.0003	u	A	5	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003	-0.0003
koz_5v5	koz_5v5	85	5.5	5.5	0.0006	0.0005	0.0001	0.0005	0.0008	u	A	5	0.0006	0.0008	0.0005	0.0006	0.0005
Vih_Vil_2v0	Vih	85	2	0	0.835	0.83	0.005	0.83	0.84	V	V	5	0.83	0.84	0.83	0.835	0.84
Vih_Vil_2v0	Vil	85	2	0	0.807	0.805	0.0027	0.805	0.81	V	V	5	0.805	0.81	0.805	0.805	0.81
Vih_Vil_2v5	Vih	85	2.5	0	0.969	0.965	0.0042	0.965	0.975	V	V	5	0.965	0.975	0.965	0.97	0.97
Vih_Vil_2v5	Vil	85	2.5	0	0.938	0.935	0.0045	0.935	0.945	V	V	5	0.935	0.945	0.935	0.935	0.94
Vih_Vil_3V0	Vih	85	3	0	1.096	1.09	0.0042	1.09	1.1	V	V	5	1.095	1.1	1.09	1.095	1.1
Vih_Vil_3V0	Vil	85	3	0	1.056	1.05	0.0042	1.05	1.06	V	V	5	1.055	1.06	1.05	1.055	1.06
Vih_Vil_4V5	Vih	85	4.5	0	1.437	1.43	0.0057	1.43	1.445	V	V	5	1.435	1.445	1.43	1.435	1.44
Vih_Vil_4V5	Vil	85	4.5	0	1.383	1.385	0.0076	1.375	1.395	V	V	5	1.375	1.38	1.385	1.395	1.38
Vih_Vil_5V5	Vih	85	5.5	0	1.644	1.64	0.0055	1.64	1.65	V	V	5	1.64	1.65	1.64	1.64	1.65
Vih_Vil_5V5	Vil	85	5.5	0	1.574	1.57	0.0055	1.57	1.58	V	V	5	1.57	1.58	1.57	1.57	1.58
Voh_VCC_2V5_3mA	Voh	85	2.5	-0.003	2.3634	2.3648	0.0016	2.3608	2.3648	V	V	5	2.3608	2.3644	2.3648	2.3636	2.3632
Voh_VCC_4V5_4mA	Voh	85	4.5	-0.004	4.3862	4.3876	0.0013	4.3844	4.3876	V	V	5	4.3844	4.3872	4.3876	4.3856	4.386
Voh_VCC_5V0_8mA	Voh	85	5	-0.008	4.7842	4.7872	0.0028	4.78	4.7872	V	V	5	4.78	4.786	4.7872	4.7848	4.7832
Vol_VCC_3V0_3mA	Vol	85	3	0.003	0.0767	0.0752	0.0013	0.0752	0.0787	V	V	5	0.0787	0.0764	0.0752	0.0759	0.0772
Vol_VCC_4V5_4mA	Vol	85	4.5	0.004	0.0811	0.0797	0.0013	0.0797	0.0831	V	V	5	0.0831	0.0809	0.0797	0.0803	0.0816
Vol_VCC_5V5_20uA	Vol	85	5.5	0	0.0004	0.0004	0	0.0004	0.0005	V	V	5	0.0005	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_0v0	125	5	0	0.0019	0.0017	0.0003	0.0015	0.0024	u	A	5	0.002	0.0024	0.0017	0.0019	0.0015
kcc_0v0_5v0_A_High	kcc_5v0	125	5	0	0.0011	0.0009	0.0001	0.0009	0.0013	u	A	5					

Keysight B1500A Semiconductor Device Analyzer

Data Sheet



Introduction

Keysight B1500A Semiconductor Device Analyzer of Precision Current-Voltage Analyzer Series is an all in one analyzer supporting IV, CV, pulse/dynamic IV and more, which is designed for all-round characterization from basic to cutting-edge applications. It provides a wide range of measurement capabilities to cover the electrical characterization and evaluation of devices, materials, semiconductors, active/passive components, or virtually any other type of electronic device with uncompromised measurement reliability and efficiency. In addition, the B1500A's modular architecture with ten available slots allows you to add or upgrade measurement modules if your measurement needs change over time.

Keysight EasyEXPERT group+ GUI based characterization software is available either on the B1500A's embedded Windows 7 platform with 15-inch touch screen or on your PC to accelerate the characterization tasks. It supports efficient and repeatable device characterization in the entire characterization process from measurement setup and execution to analysis and data management either interactive manual operation or automation across a wafer in conjunction with a semiautomatic wafer prober. EasyEXPERT group+ makes it easy to perform complex device characterization immediately with hundreds of ready-to-use measurements (application tests) furnished, and allows you the option of storing test condition and measurement data automatically after each measurement in a unique built-in database (workspace), ensuring that valuable information is not lost and that measurements can be repeated at a later date. Keysight B1500A provides the complete solution for device characterization with these versatile capabilities.

Basic Features

Measurement capabilities:

Current versus voltage (IV) measurement

- Accurate and precise measurement ranges of 0.1 fA - 1 A and 0.5 μ V - 200 V
- Spot and sweep measurement
- Time sampling measurements (100 μ s minimum sampling rate)
- Pulsed measurement with minimum pulse widths of 50 μ s using the MCSMU or 500 μ s using the HPSMU, MPSMU, or HRSMU
- The ASU (atto-sense and switch unit) can be used with the MPSMU, or HRSMU to provide 0.1 fA measurement resolution and SMU/AUX path switching
- Two analog-to-digital converter choices (high-resolution ADC or high-speed ADC) available for each SMU type (HPSMU, MPSMU and HRSMU)

Capacitance measurement

- Multi-frequency AC impedance measurement supports CV (capacitance versus voltage), C-t (capacitance versus time) and C-f (capacitance versus frequency) measurement
- Capacitance measurement frequency range of 1 kHz to 5 MHz
- Quasi-Static Capacitance-Voltage (QS-CV) measurement with leakage current compensation
- Automated switching between IV and CV measurements using either the optional SCUU (SMU CMU unify unit) and GSWU (guard switch unit) or a pair of ASUs

Pulsed IV/Fast IV/Transient IV measurement

- Provides high speed and high sensitivity measurement capability for ultra-fast IV (current-voltage), pulsed IV and transient IV measurements, including NBTI/PBTI and RTN (Random Telegraph Signal Noise) measurements
- Arbitrary waveform generation with 10 ns programmable resolution
- Simultaneous high-speed voltage/current measurement (200 MSa/s, 5 ns sampling rate)
- SMU technology supports pulsed IV measurement without load line effects

Pulse Generation

- Up to ± 40 V voltage pulsing and arbitrary waveform generation for non-volatile memory evaluation
- Single channel two-level and three level pulsing capability

B1500A platform:

- 15-inch touch screen supports all capabilities of the intuitive GUI for convenient device characterization
- Configurable and upgradable measurement modules with 10 slots per mainframe
- GPIB, USB, LAN interfaces, and VGA video output port

Measurement capabilities (continued):

EasyEXPERT group+ software:

- Characterization environment is available either on mainframe (embedded Windows 7) or on user's PC
- Intuitive GUI based operation with keyboard, mouse operation and touch screen.
- Application Test mode provides the furnished hundreds of ready-to-use application tests for quick measurement execution
- Classic test mode provides easy access to the full capability of instrument features.
- Graphical display and analysis capabilities facilitate front-end data analysis without additional utilities and support report generation as image data or Excel data.
- Individualized built-in database (workspace) records test data automatically, and simplifies the data management without annoying numerous data files.
- Tracer test mode enables a curve tracer like knob control of measurement parameters to support interactive real-time device characterization and automatic data recording feature
- Oscilloscope view (available for the MFCMU) supports pulsed voltage and current waveform viewing for quick and easy timing verification
- Quick test mode supports test sequencing without programming
- GUI-based control of the Keysight B2200A, B2201A and E5250A switching matrices
- GUI-based self-test, self-calibration and diagnostics menu for hardware maintenance
- EasyEXPERT remote control function supports the remote measurement execution of application tests that are created on GUI interactively, via the LAN interface
- Data back capability and various data protection feature for shared usage by multiple users
- EasyEXPERT group+ can be installed on as many PCs as you need without additional charge to take advantage of offline personal analyzer environment among users in your department.

Specification conditions

The measurement and output accuracy are specified at the rear panel connector terminals when referenced to the Zero Check terminal. The B1530A WGF MU measurement and output accuracy are specified at the output terminal of the RSU. Accuracy is specified under the following conditions:

1. Temperature: 23 °C ±5 °C
2. Humidity: 20 % to 60 %
3. After 40 minute warm-up followed by self-calibration
4. Ambient temperature change less than ±1 °C after self-calibration execution, not applicable for MFCMU and WGF MU
5. Measurement made within one hour after self-calibration execution, not applicable for MFCMU and WGF MU
6. Calibration period: 1 year
7. SMU integration time setting:
 - 1 PLC (1 nA to 1A range, voltage range)
 - 20 PLC (100 pA range)
 - 50 PLC (1 pA to 10 pA range)
 - Averaging of high-speed ADC: 128 samples per 1 PLC
8. SMU filter: ON (for HPSMU, MPSMU and HRSMU)
9. SMU measurement terminal connection: Kelvin connection
10. WGF MU load capacitance: 25 pF or less

Note: This document lists specifications and supplemental characteristics for the B1500A and its associated modules. The specifications are the standards against which the B1500A and its associated modules are tested. When the B1500A and any of its associated modules are shipped from the factory, they meet the specifications. The “supplemental” characteristics described in the following specifications are not warranted, but provide useful information about the functions and performance of the instrument.

Note: Keysight is responsible for removing, installing, and replacing the B1500A modules. Contact your nearest Keysight to install and calibrate the B1500A modules.

Keysight EasyEXPERT group+ Software

Keysight EasyEXPERT group+ GUI based characterization software is available either on the B1500A's embedded Windows 7 platform with 15-inch touch screen or on your PC to accelerate the characterization tasks. It supports efficient and repeatable device characterization in the entire characterization process from measurement setup and execution to analysis and data management either interactive manual operation or automation across a wafer in conjunction with a semiautomatic wafer prober. EasyEXPERT group+ makes it easy to perform complex device characterization immediately with the hundreds of ready-to-use measurements (application tests) furnished, and allows you the option of storing test condition and measurement data automatically after each measurement in a unique built-in database (workspace), ensuring that valuable information is not lost and that measurements can be repeated at a later date. Finally, EasyEXPERT has built-in analysis capabilities and a graphical programming environment that facilitate the development of complex testing algorithms.

Key features

- Multiple measurement modes for quick setup and measurement execution (application test, classic test, tracer test, quick test and oscilloscope view)
- Graphical display, automated analysis capabilities and data generation to Excel and image for analysis and reporting
- Built-in database (workspace) records test data automatically and simplifies the data management without numerous data files
- GUI-based control of the Keysight B2200A, B2201A and E5250A switching matrices
- GUI-based self-test, self-calibration and diagnostics menu for hardware maintenance
- EasyEXPERT remote control function supports the remote measurement execution of application tests that are created on GUI interactively, via the LAN interface
- Data back capability and various data protection feature for shared usage by multiple users
- Characterization environment is available either on mainframe (embedded Windows 7) or on user's PC as a personal and portable analyzer environment. EasyEXPERT group+ can be installed on any PC as many as needed without additional charge.

Application library

EasyEXPERT comes with over 300 application tests conveniently organized by device type, application, and technology. You can easily edit and customize the furnished application tests to fit your specific needs. Application tests are provided for the following categories; they are subject to change without notice.

Device Type	Application Tests
CMOS Transistor	Id-Vg, Id-Vd, Vth, breakdown, capacitance, QSCV, etc.
Bipolar Transistor	Ic-Vc, diode, Gummel plot, breakdown, hfe, capacitance, etc.
Discrete device	Id-Vg, Id-Vd, Ic-Vc, diode, etc.
Memory	Vth, capacitance, endurance test, etc.
Power device	Pulsed Id-Vg, pulsed Id-Vd, breakdown, etc.
Nano Device	Resistance, Id-Vg, Id-Vd, Ic-Vc, etc.
Reliability test	NBTI/PBTI, charge pumping, electro migration, hot carrier injection, J-Ramp, TDDB, etc.
And more	And more

Measurement modes and functions

Operation Mode

Application test mode

The application test mode provides application oriented point-and-click test setup and execution. An application test can be selected from the library by device type and desired measurement, and then executed after modifying the default input parameters as needed.

Classic test mode

The classic test mode provides function oriented test setup and execution with the same look, feel, and terminology of the 4155/4156 user interface. In addition, it improves the 4155/4156 user interface by taking full advantage of EasyEXPERT's GUI features.

Tracer test mode

The tracer test mode offers intuitive and interactive sweep control using a rotary knob similar to a curve tracer. Just like an analog curve tracer, you can sweep in only one direction (useful for R&D device analysis) or in both directions (useful in failure analysis applications). Test set ups created in tracer test mode can be seamlessly and instantaneously transferred to classic test mode for further detailed measurement and analysis.

Oscilloscope view (available for MCSMU)

The oscilloscope view (available in tracer test mode) displays measured MCSMU module current or voltage data versus time. The pulsed measurement waveforms appear in a separate window for easy verification of the measurement timings. This function is useful for verifying waveform timings and debugging pulsed measurements. It is available when a tracer test has one or more MCSMU channels being used in pulsed mode. The oscilloscope view can display the pulsed waveform timings at any (user specified) sweep step of the sweep output.

Sampling interval: 2 μ s

Sampling points: 2000 Sa

Sampling duration: 22 μ s to 24 ms

Marker function:

Read-out for each data channel

Resolution: 2 μ s

Data saving:

Numeric: Text/CSV/XMLSS

Image: EMF/BMP/JPG/PNG

Quick test mode

A GUI-based Quick Test mode enables you to perform test sequencing without programming. You can select, copy, rearrange and cut-and-paste any application tests with a few simple mouse clicks. Once you have selected and arranged your tests, simply click on the measurement button to begin running an automated test sequence.

Measurement modes

The Keysight B1500A supports the following measurement modes:

IV measurement

- Spot
- Staircase sweep
- Pulsed spot
- Pulsed sweep
- Staircase sweep with pulsed bias
- Sampling
- Multi-channel sweep
- Multi-channel pulsed sweep
- List sweep
- Linear search¹
- Binary search¹

C measurement

- Spot C
- CV (DC bias) sweep
- Pulsed spot C
- Pulsed sweep CV
- C-t sampling
- C-f sweep
- CV (AC level) sweep
- Quasi-Static CV (QSCV)

1. They are supported by FLEX command only.

Sweep measurement

Number of steps: 1 to 10001 (SMU), 1 to 1001 (CMU)

Sweep mode: Linear or logarithmic (log)

Sweep direction: Single or double sweep

Hold time: 0 to 655.35 s, 10 ms resolution

Delay time: 0 to 65.535 s, 100 μ s resolution

0 to 655.35 s, 100 μ s resolution (CV (AC level) sweep, C-f sweep)

Step delay time: 0 to 1 s, 100 μ s resolution

Step output trigger delay time: 0 to (delay time) s, 100 μ s resolution

Step measurement trigger delay time: 0 to 65.535 s, 100 μ s resolution

Sampling (time domain) measurement

Displays the time sampled voltage/current data (by SMU) versus time.

Sampling channels: Up to 10

Sampling mode: Linear, logarithmic (log)

Sampling points:

For linear sampling:

1 to 100,001/(number of channels)

For log sampling:

1 to 1+ (number of data for 11 decades)

Sampling interval range:

100 μ s +20 μ s x (num. of channels - 1) to 2 ms, 10 μ s resolution

2 ms to 65.535 s, 1 ms resolution

* Sampling interval less than 2ms is only supported in linear mode.

Hold time, bias hold time:

-90 ms to -100 μ s, 100 μ s resolution

0 to 655.35 s, 10 ms resolution

Measurement time resolution: 100 μ s

Other measurement characteristics

Measurement control

Single, repeat, append, and stop

SMU setting capabilities

Limited auto ranging, voltage/current compliance, power compliance, automatic sweep abort functions, self-test, and self-calibration

Standby mode

SMUs in “Standby” remain programmed to their specified output value even as other units are reset for the next measurement.

Bias hold function

This function allows you to keep a source active between measurements. The source module will apply the specified bias between measurements when running classic tests inside an application test, in quick test mode, or during a repeated measurement. The function ceases as soon as these conditions end or when a measurement that does not use this function is started.

Current offset cancel

This function subtracts the offset current from the current measurement raw data, and returns the result as the measurement data. This function is used to compensate the error factor (offset current) caused by the measurement path such as the measurement cables, manipulators, or probe card.

Time stamp

The B1500A supports a time stamp function utilizing an internal quartz clock.

Resolution: 100 μ s

Data display, analysis and arithmetic functions

Data Display

X-Y graph plot

X-axis and up to eight Y-axes, linear and log scale, real time graph plotting.

Scale: Auto scale and zoom

Marker: Marker to min/max, interpolation, direct marker, and marker skip

Cursor: Direct cursor

Line: Two lines, normal mode, grad mode, tangent mode, and regression mode

Overlay graph comparison: Graphical plots can be overlaid.

List display

Measurement data and calculated user function data are listed in conjunction with sweep step number or time domain sampling step number. Up to 20 data sets can be displayed.

Data variable display

Up to 20 user-defined parameters can be displayed on the graphics screen.

Automatic analysis function

On a graphics plot, the markers and lines can be automatically located using the auto analysis setup. Parameters can be automatically determined using automatic analysis, user function, and read out functions.

Analysis functions

Up to 20 user-defined analysis functions can be defined using arithmetic expressions.

Measured data, pre-defined variables, and read out functions can be used in the computation, and the result can be displayed.

Read out functions

The read out functions are built-in functions for reading various values related to the marker, cursor, or line.

Data export

X-Y graph plot can be printed or stored as image data to clipboard or mass storage device. (File type: bmp, gif, png, emf).

Graph and list data can be exported to Excel.

Arithmetic functions

User functions

Up to 20 user-defined functions can be defined using arithmetic expressions.

Measured data and pre-defined variables can be used in the computation. The results can be displayed on the LCD.

Arithmetic operators

+, -, *, /, ^, abs (absolute value), at (arc tangent), avg (averaging), cond (conditional evaluation), delta, diff (differential), exp (exponent), integ (integration), lgt (logarithm, base 10), log (logarithm, base e), mavg (moving average), max, min, sqrt, trigonometric function, inverse trigonometric function, and so on.

Physical constants

Keyboard constants are stored in memory as follows:

q: Electron charge, 1.602177E-19 C

k: Boltzman's constant, 1.380658E-23

e (e): Dielectric constant of vacuum, 8.854188E-12

Engineering units

The following unit symbols are also available on the keyboard:

a (10-18), f (10-15), p (10-12), n (10-9),

u or μ (10-6), m (10-3), k (103), M (106),

G (109), T (1012) , P (1015)

Data management

Workspace (Built-in database)

- EasyEXPERT group+ supports the built-in database called "workspace". Workspaces are created on a HDD, and they enable to manage and access all the measurement related data without handling numerous files. Every workspace supports the following features:
- Access to measurement capabilities and data stored in the workspace.
- Save/Import/Export measurement settings and data (application library, measurement settings, my favorite setup, and measurement data)
- Recall the setup for measurement reproduction and data for analysis

Data auto record/auto export

EasyEXPERT group+ has the ability to automatically store the measurement setup and data within a workspace. It can also export measurement data in real time, in a variety of formats such as Excel (xls).

Import/export files

File type:

Keysight EasyEXPERT format, XML-SS format, CSV format

Data Protection

EasyEXPERT group+ has various options to protect important data as follows.

- Password protection (workspace, test definition and my favorite)
- User level access control (engineer mode/operator mode)

Workspace back-up and portability

EasyEXPERT group+ has the ability to import/export a workspace for back-up and portability.

EasyEXPERT group+ supported instruments and prerequisites

Supported instruments and features

		Precision Current - Voltage Analyzer Series					Discontinued
		Advanced Device Analyzer		Precision IV Analyzer		Economic IV Analyzer	
		B1500A	B1505A	E5270B	E5262/63A E5260A	B2900A Series SMU	4155B/C 4156B/C
Classic Test	I/V Sweep	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes ¹
	Multi-ch I/V Sweep	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	-
	I/V List Sweep	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	-
	I/V-t Sampling	Yes	Yes	-	-	Yes	Yes
	C-V Sweep	Yes	Yes	-	-	-	-
	SPGU Control	Yes	-	-	-	-	-
	GUI based switching matrix control	Yes ²	-	Yes ²	Yes ²	Yes ²	Yes ²
	Direct Control	Yes	Yes	-	-	-	-
Application Test		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Tracer Test		Yes (DC/Pulse)	Yes (DC/Pulse)	Yes (DC)	Yes (DC)	Yes (DC/Pulse)	-
Quick Test		Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Oscilloscope view		Yes ³	Yes ³	-	-	-	-
External instrument driver support	LCR meter (4284A/E4980A)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Pulse Generator (81110A)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	DVM (3458A)	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Prober control in Quick Test mode		Yes ⁴	Yes ⁴	Yes ⁴	Yes ⁴	Yes ⁴	Yes ⁴
Firmware requirement		A.04.00 or later ⁵	A.04.00 or later ⁵	B.01.10 or later	B.01.10 or later	1.0 or later	HOSTC: 03.08 or later SMUC: 04.08 or later

1. PGU and VSU/VMU are supported. Differential voltage measurement of VMU is not supported.

2. B2200/01A and E5250A (with E5252A cards) are supported

3. Only available for supported modules.

4. Cascade Microtech Summit 12000/S300 (Nucleus), Cascade Microtech (Suss MicroTec) PA200/PA300, and Vector Semiconductor VX-2000/VX-3000

5. The latest firmware version is strongly recommended to take full advantage of measurement capabilities.

Prerequisites

Prerequisites to use the EasyEXPERT, WGFMU instrument library and other furnished software on an external PC are as follows.

Operating system and service pack	Microsoft Windows Vista Business SP2 or later (32bit)	Microsoft Windows 7 Professional SP1 or later (32bit/64bit)	Microsoft Windows 8.1 Professional or later (32bit/64bit)	Microsoft Windows 10 Pro or later (32bit/64bit)
Processor	Vista certified PC	Windows 7 certified PC	Windows 8.1 certified PC	Windows 10 certified PC
Supported language	English (US)	English (US)	English (US)	English (US)
Memory	2 GB memory	2 GB memory	2 GB memory	2 GB memory
Display	XGA 1024 x 768 (SXGA 1280 x 1024 recommended)	XGA 1024 x 768 (SXGA 1280 x 1024 recommended)	XGA 1024 x 768 (SXGA 1280 x 1024 recommended)	XGA 1024 x 768 (SXGA 1280 x 1024 recommended)
HDD	Installation: 1GB free disk space on the C drive	Installation: 1GB free disk space on the C drive	Installation: 1GB free disk space on the C drive	Installation: 1GB free disk space on the C drive
	Test setup / result data storage: Free disk space more than 30GB is recommended	Test setup / result data storage: Free disk space more than 30GB is recommended	Test setup / result data storage: Free disk space more than 30GB is recommended	Test setup / result data storage: Free disk space more than 30GB is recommended
.NET Framework	Microsoft .NET Framework 3.5 SP1	Microsoft .NET Framework 3.5 SP1	Microsoft .NET Framework 3.5 SP1	Microsoft .NET Framework 3.5 SP1
IO Libraries	Keysight IO Libraries Suite 16.2, 16.3, 17.1 update 1 or later (for the Online execution mode)	Keysight IO Libraries Suite 16.2, 16.3, 17.1 update 1 or later (for the Online execution mode)	Keysight IO Libraries Suite 16.2, 16.3, 17.1 update 1 or later (for the Online execution mode)	Keysight IO Libraries Suite 17.1 update 1 or later (for the Online execution mode)

Recommended GPIB I/F

		Interface	B1500A	4155B/C 4156B/C
Keysight	82350B/C	PCI	✓ ¹	✓
	82351B	PCIe	✓ ¹	✓
	82537A/B	USB	✓ ²	✓
National Instruments	GPIB-USB-HS	USB	✓ ²	

1. A PCI or PCIe card is highly recommended because of stability and speed.
2. USB GPIB interfaces might cause serial poll error intermittently due to the intrinsic communication scheme differences. It is reported that using an even GPIB address sometimes significantly decreases the chance of the error. The NI GPIB-USB-HS is recommended for stability, and the Keysight 82357x is recommended for speed.



TEMPTRONIC
an inTEST Company

4 Commerical Street, Sharon, MA 02067-1653 U.S.A.
Tel: (781) 688-2300 Fax: (781) 688-2301
<http://www.temptronic.com>

Part Number: LM01980

TP04300 Series ThermoStream®



Interface & Applications Manual

Revision L.
August 2005

Remote Interfaces

Overview

In this Chapter

This Chapter is divided into the following Sections:

Topic	See Page
Remote Interfaces, Overview and Assumptions	2
Enable/Disable Version 1 Software	4
Syntax	6
Command Processing	7
Error Reporting (Software Version 3)	8
Maximizing Communications Throughput	9
IEEE-488.2 Interface	10
Serial Interface	11
Remote Command Set	13
Ethernet 10/100 BaseT Interface	27
MCT Interface	30

Section A: Remote Interfaces, Overview and Assumptions

Remote Interfaces Overview

The *TP04300A* System has four different communications interfaces: GPIB (IEEE-488.2), Serial (RS-232C), Ethernet (10/100 base T), and a limited MCT hardware interface (ST/EOT/SFF).

- The *TP04300A* GPIB host interface was designed to be in substantial compliance with IEEE Standard 488.2. Please refer to the IEEE-488.2 standard for command syntax and general programming information.
- The Serial and Ethernet interfaces use the software protocols of the IEEE-488.2 standard. Additional software commands were added to emulate the functionality normally provided by dedicated GPIB control lines.
- The GPIB and Serial interfaces feature complete IEEE-488 service request and serial polling capabilities. The system can be programmed to generate service requests for temperature events (reaching the desired temperature, completing cycling, etc.), System-specific errors (overheat, low air flow, etc.) or IEEE-488 standard errors (command not recognized, etc.).
- This manual provides information specific to the *TP04300A* System and identifies which instructions the System supports.
- For the System to be controlled by a remote Host, the System must first be initialized and be in an operating mode capable of temperature control.
- When the System is being controlled by a remote Host, the “Control” field in the Statusbar reads: “Control: Serial, or, GPIB, or TCP/IP”.

To interface the System to an automated tester station (permit control by a remote prober Host) see:

[IEEE-488.2 Interface](#), page 4-10

[Serial Interface](#), page 4-11

[Ethernet 10/100 BaseT Interface](#), page 4-27

[MCT Interface](#), page 4-30

Software Version 3.2 (or higher)

- Has a remote command interface which is compatible with the Temptronic *TP04000A* and *TP04200A*, but differs from earlier *TP04300A* software versions.
- Multiple commands on a single command line are supported. See [Syntax](#), page 4-6.
- The user may enable *TP04300A* backward compatibility to Ver 1. The communication protocols are different in Ver 1 mode. To run Version 1, see [Enable/Disable Version 1 Software](#), page 4-4.

Software Version 1 compatibility mode

- Only one command or query allowed per command line.
 - No command terminators are required. The *TP04300A* will check the input buffer every 50mSec for data then process what is in the input buffer. This may lead to the *TP04300A* processing incomplete commands in RS-232 mode.
 - Allow a 100 mSec delay between commands.
 - The following commands return different values for Version 1: AUXC?, "CYCL?" and "EROR?".
 - [Remote Command Set](#) (page 4-13) will note the differences in commands between Version 3 and 1 compatibility.
-

Section B: Enable/Disable Version 1 Software

Refer to Chapter 3 to determine current software version.

Enable Version 1 Software

To enable prior Software Version 1 set "Compatible4000=FALSE" flag, as follows:



CAUTION

When editing the "Compatible4000" setting in \X-Stream.ini, do not change any other settings: doing so can cause the System to not function, or to not function properly.

Step	Action
1	If System is running, then press "Off" on Statusbar Display to exit ThermoStream Control Software (TSCS). If needed, see Chapter 3 for shutdown information.
2	Attach a keyboard, and a mouse, (and, preferably a monitor) to OCM front panel ports. If needed, see Chapter 3 for keyboard, mouse, and monitor connections.
3	Press front panel On switch to energize system.
4	Microsoft Windows NT operating system begins to boot
5	When Windows "Desktop" appears, then press "Start" key (or left-click "Start" button in lower left, in Task Bar displayed at screen bottom)
6	If TP04300A boots completely, then press "Start" key on keyboard, and continue.
7	In START menu, navigate to PROGRAM, then ACCESSORIES menus, and select (launch) either NOTEPAD or WORDPAD program.
8	In Notepad (or Wordpad) go to FILE, then OPEN, and set drop down menu, "Files of Type," to "All Files"
9	Navigate to, and open the file: "D:\X-Stream\X-Stream.ini
10	In \X-Stream.ini file, edit "Compatible4000" flag to read Compatible4000=FALSE (use uppercase letters in FALSE flag)
11	Press FILE, then SAVE, to save \X-Stream.ini.
12	Press FILE, then OPEN, then select and double click \X-Stream.exe to boot the ThermoStream Control Software (TSCS) operating system.
13	Close NotePad (or WordPad): press FILE, then EXIT.
14	If the TSCS is already running, then press "Off" on Statusbar Display to exit the TSCS, and do a normal system startup to reboot and install the new values.
15	The System is now running Version 1 commands.

Disable Version 1 Software

To disable Software Version 1 set "Compatible4000=TRUE" flag.

To exit Version 1, and return to Version 3, navigate to \X-Stream.ini and change the "Compatible4000=FALSE" flag to "Compatible4000=TRUE," save the changed file, then reboot.

Use the Version 3 commands. See [Remote Command Set](#), page 4-13.

Section C: Syntax

Syntax Overview

In Version 3, for both GPIB (IEEE-488.2) and Serial (RS-232C):

- All message strings to and from the TP04300A consist of ASCII characters.
- Numerical arguments are always sent/received in decimal format as a string of ASCII characters.
- Some numerical arguments consist of a series of binary flags. They are sent as a decimal number equal to the sum of the binary weights of each flag bit that is a “one.”
- Commands with arguments must have a space between the command and the argument.
- Serial (RS-232C) program messages (strings) must be terminated with a line feed. GPIB program messages (strings) may be terminated with a line feed, by setting the EOI line, or both.
- In GPIB mode, response messages from the TP04300A are terminated with a line feed character with the EOI line set. In Serial mode, response messages are terminated with a carriage return followed by a line feed.
- Program message unit separators “;” (semicolons) are required to delimit multiple commands or queries in a single program message (string).
- In serial mode, the ! (exclamation point) character acts as the device clear command. It is sent as a single character (no terminator) and should never otherwise appear in a message.
- The System parses commands as explained in [Command Processing](#) (page 4-7)

Command Examples

Description	From Host to System	System Returns
Read the current temperature.	TEMP?<LF>	25<LF>
Set the temperature setpoint to 25 °C, the “at temperature” window to 3 °C, and the soak time to 15 seconds.	SETP 25;WNDW 3;SOAK 15<LF>	
Read the setpoint and the current temperature.	SETP?;TEMP?<LF>	25;24.9<LF>

Section D: Command Processing

Command Processing Overview

- The System reads the message into a buffer until a Line Feed <LF> is received (or in GPIB mode, the EOI line is set).
 - After the <LF> (or EOI) is received, the System begins to process the commands/queries in the message.
 - The System will continue until all of the commands/queries in the message string are processed.
 - During processing of the message, the System will not transmit data. In GPIB mode, the GPIB hardware handshake lines will prevent new data from being received. In Serial mode, because there is no hardware handshaking, new data will be received into the input buffer but will not be acted upon until processing of the current message is completed.
 - When the entire message string has been processed, the System will transmit the response(s) (separated by semicolons if there was more than one query message unit in the string) to any queries.
 - Although commands and queries are typically processed in less than 100 milliseconds, a GPIB bus or Serial Interface timeout interval of 3 seconds is recommended.
 - All commands/queries in multiple-command messages are processed sequentially. All program messages are processed sequentially.
-

Section E: Error Reporting (Software Version 3)

Command and query errors are reported by means of the IEEE-488.2 “standard event status register.” This register may be read with the *ESR? query. For more information, see [Remote Command Set](#) on page 4-13, and/or the IEEE-488.2 standard.

- Reading the ESR register also clears it.
 - If a command or query error occurs, succeeding program message units in that same string are not processed.
 - When initially developing a program, it is recommended that *ESR? queries be liberally interspersed between commands.
 - If the response is 0, it indicates that no error exists and the program can safely proceed.
 - Once the program has been debugged, some of the *ESR? queries can be removed.
-

Section F: Maximizing Communications Throughput

- Sending multiple commands separated by semicolons helps to eliminate potential delays in the control program. See [Syntax](#), page 4-6.
- The System will process multiple program message units in the same message without waiting between them.
- For example, the multiple command message:
SETP 25;LLIM 30;ULIM 90<LF>
*ESR?<LF>

will execute more quickly than:

```
SETP 25<LF>  
LLIM 30<LF>  
ULIM 90<LF>  
*ESR?<LF>
```

Section G: IEEE-488.2 Interface

Set: Bus Address; Baud 9600

The IEEE-488 interface requires the following settings:

- Address and baud rate are set on the *Utilities* Screen (see Chapter 3 for more information on the *Utilities* Screen).
- Use the "GPIB Address" button to set a unique address for each device on the bus.
- Use the "Baud Rate" button to set 9600 baud. (A baud rate of other than 9600 will prevent the user from setting the GPIB address).

Demonstration Program

A "C" Language demonstration program, *idemo*, illustrates recommended programming practices for the *TP04300A*.

Idemo is a 32-bit Windows console application.

Source and executable versions of *idemo* are provided on either:

- the *TP04300A* Interface & Applications Manual CD-ROM (part # LM01980).
- the floppy disc stored in the front pocket of your paper copy Manual.



ATTENTION

The executable version of *idemo* requires a National Instruments (NI) GPIB interface card, and the NI-488.2 drivers.

Section H: Serial Interface

Serial Interface Connector

The system I/O panel provides a DB9P (9-pin male) connector with a nonstandard pinout. The *TP04300A* does not support handshaking. For compatibility with host computers that expect handshaking (such as those computers that were connected to Temptronic *TP04000A* and *TP04200A* Systems), a special cable should be used that connects pin 4 to pin 6, and pin 7 to pin 8, on the host computer side. No connection should be made to those pins on the *TP04300A* side. Alternatively, if handshaking is disabled on the host, a straight through cable (NOT a null modem) with female connectors on both ends can be used to hook the System up to a PC-compatible host computer.

Pin Number	Function/Signal Level
Shell	Chassis ground
1	DCD - no connection
2	Serial data out from the <i>TP04300A</i>
3	Serial data into the <i>TP04300A</i>
4	DTR - Always high output from the <i>TP04300A</i> (tied to +8 through 3.3K ohms).
5	Signal ground
6	DSR - no connection
7	RTS - always high output from the <i>TP04300A</i> (tied to +8v through 3.3K ohms).
8	CTS - tied to pin 4
9	RI - no connection.

Serial Interface Parameters

The Serial interface parameters, are as follows:

Setting	Parameter
Baud Rate	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600
Data Bits	Fixed at 8
Parity	Fixed at No Parity
Stop Bits	Fixed at One (1)

Demonstration Program

A “C” Language demonstration program, *sdemo*, illustrates recommended programming practices for the *TP04300A*.

Sdemo is a 32-bit Windows console application.

Source and executable versions of *sdemo* are provided on either:

- the *TP04300A* Interface & Applications Manual CD-ROM (part # LM01980).
 - the floppy disc stored in the front pocket of your paper copy Manual.
-

Section I: Remote Command Set

Remote Commands Overview

In this Section

The following topics are covered in this Section:

Topic	See Page
IEEE Mandatory Commands	14
RS-232C Serial Commands	16
Device Specific Commands	17

IEEE Mandatory Commands

Command	Description
*CLS	Clear the status (*ESR, TESR) registers.
*ESE	Set the standard event status enable (mask) register. *ESE nnn -- where nnn is 0 – 255 NOTE: See *ESR? for the meaning of each bit in the mask.
*ESE?	Read the standard event status enable (mask) register.
*ESR?	Read the standard event status register. bit 7 – power on – not used bit 6 – user request -- not used bit 5 – command error (cme) bit 4 – execution error (exe) bit 3 – device dependent error (dde) bit 2 – query error (qye) bit 1 – request control -- not used bit 0 – operation complete -- not implemented NOTE: The above bits are latched, and are automatically cleared when the register is read.
*IDN?	Returns TEMPTRONIC, TP04300A, 4000, Ver 3.2.0 -- the last field will vary with software versions.
*RST	Reset (force) the System to the Cycle screen. NOTE: Any device-specific errors are reset. The upper and lower temperature limits and certain other values are reset. Setpoint number 5 becomes the active setpoint. NOTE: After sending this command, wait 4 seconds before sending another command.
<serial poll>	Read the status byte by performing a serial poll. bit 7 – ready bit 6 – request for service (RQS) bit 5 – standard event status (ESB) summary bit bit 4 – message available (MAV) (GPIB only, always 0 for RS-232) bit 3 – temperature event (TESR) summary bit bit 2 – device specific error (EROR) summary bit bit 1 – not used (always 0) bit 0 – not used (always 0) NOTE: The “request for service” flag (bit 6) is automatically reset when a serial poll is performed.
*SRE	Set the service request enable (mask) register. *SRE nnn -- where nnn is 0 – 255 NOTE: See <serial poll> for the meaning of each bit in the mask.
*SRE?	Read the service request enable (mask) register.

Command	Description
*STB?	Read the status byte. bit 7 - ready bit 6 - master summary status (MSS) bit bit 5 - standard event status (ESB) summary bit bit 4 - message available (MAV) (GPIB only, always 0 for RS-232) bit 3 - temperature event (TESR) summary bit bit 2 - device specific error (EROR) summary bit bit 1 - not used (always 0) bit 0 - not used (always 0)
*TST?	Self test (dummy, always returns 0, meaning “passed”).
*OPC	Not implemented
*OPC?	Not implemented
*WAI	Not implemented

RS-232C Serial Commands

Command	Description
%GL	Go to local – enables System touch screen controls. NOTE: In accordance with the IEEE-488.2 standard, the System still responds to remote commands in when in local mode.
%LL	Local lockout – the System touch screen controls are disabled, and no “Return to local” button appears on the panel.
%RM	Go into remote mode – the System touch screen controls are disabled, but a “Return to local” button appears. NOTE: When in remote mode, the touch screen controls will be disabled each time the System receives a command.
%S?	Read the status byte by performing a serial poll. bit 7 – ready bit 6 – request for service (RQS) bit 5 – standard event status (ESB) summary bit bit 4 – message available (MAV) (always 0 for RS-232) bit 3 – temperature event (TESR) summary bit bit 2 – device specific error (EROR) summary bit bit 1 – not used (always 0) bit 0 – not used (always 0) NOTE: The “request for service” flag (bit 6) is automatically reset when a serial poll is performed.
!	Device clear – clears the serial communications subsystem. The System will echo back the “!” when the command has completed. If the “!” response is not received, the command should be retried. NOTE: This command is sent as a single character (no line feed terminator), and should never otherwise appear in a string sent to the System.
^	The System sends a “^” as a service request (SRQ) indicator in serial mode. NOTE: The “^” character will never otherwise appear in a response string, and is sent as a single character.

Device Specific Commands

Command	Description
ADMD	Set the air-to-DUT maximum difference. ADMD nnn -- where nnn is 10 - 300 °C in 1 degree increments.
ADMD?	Read the air-to-DUT maximum difference.
AUXC?	<p>Read the auxiliary condition register.</p> <p><u>Version 3 software:</u></p> <p>bit 10 – reserved bit 9 – reserved bit 8 – Operator screen = 1, Cycle screen = 0 bit 7 – reserved bit 6 – ready for operation = 1, startup sequence = 0 bit 5 – flow on = 1, flow off = 0 bit 4 – DUT mode = 1, air-control mode = 0 bit 3 – heat only mode = 1, compressor on = 0 bit 2 – head up = 1, head down = 0 bit 1 – reserved bit 0 – reserved</p> <p><u>Version 1 software:</u></p> <p>bit 17 – HDLK bit 16 – MCTP bit 15 – DTYP bits 12/13/14 – DSNS</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0/0/0 – no DUT sensor present • 0/0/1 – type T thermocouple • 0/1/0 – type K thermocouple • 0/1/1 – RTD • 1/0/0 – diode <p>bits 10/11 – DUTM</p> <ul style="list-style-type: none"> • 0/0 -- air • 0/1 – DUT <p>bit 9 – DLOG bit 8 – CYCP bit 7 – CYCL bit 6 – TRKL bit 5 – COOL bit 4 – FLOW bit 3 – HEAD bit 2 – EROR bit 1 – EMSH bit 0 – N/A</p>

Command	Description
CLER	Clear device-specific (reported by EROR?) errors. NOTE: After sending this command, wait 4 seconds before sending another command.
COOL	Turn the compressor on or off. COOL 1 – turn the compressor on COOL 0 – turn the compressor off NOTE: There is a 60 second delay between the time that the compressor is turned on and the System is ready to operate.
COOL?	Read COOL on/off state.
CYCC	Set the cycle count. CYCC nnnn -- where nnnn is the number (1 - 9999) of cycles to do.
CYCC?	Read the number of cycles to do.
CYCL	Start/stop cycling. CYCL 1 – start CYCL 0 – stop NOTE: When all cycles have been completed or when cycling was stopped on failure, it is necessary to send a CYCL 0 command to reset the system.
CYCL?	Read the cycle number (current value if cycling, last value if not). NOTE: If Version 1 compatibility mode is enabled, CYCL? returns the number of fully completed cycles.
CYCO	Turn the display of the cycling feature parameters on the operator screen on or off. CYCO 1 – display cycling parameters CYCO 0 – don't display cycling parameters
CYCO?	Read CYCO on/off state.
CYCP	Pause or restart cycling. CYCP 1 – pause cycling CYCP 0 – restart cycling
CYCP?	Read CYCP pause/run state
DLOG	DLOG "filename" turns on datalogging to the file "filename." DLOG 0 turns datalogging off. NOTE: The file name should be in quotes. NOTE: If the file already exists, it will automatically be overwritten.
DLOG?	Return the name of the file if datalogging is active, or "None" if datalogging is off.
DSNS	Set the DUT sensor type. DSNS n -- where n is 0-4 0 – no DUT sensor 1 – type T thermocouple 2 – type K thermocouple 3 – RTD 4 – diode

Command	Description
DSNS?	Read the DUT sensor type.
DSPC?	Return the remaining disk space available for datalogging, in bytes. NOTE: The maximum space value returned is limited to 2147483647 bytes (2 Gbytes).
DTYP	Turn the automatic DUT tuning feature on/off, or select a large-mass device type. DTYP 0 = automatic tuning off. (Use the current DUT control parameters). DTYP 1, 2, 3 = automatic tuning on DTYP 4 = large-mass device
DTYP?	Read the setting of DTYP.
DUTC	Set the device thermal constant. DUTC nnn -- where nnn is nominally 100 but can range from 20 - 500. NOTE: Use a higher number for a higher mass device, and to reduce the amount of overshoot. A lower number may cause some overshoot, but may also reduce the transition time.
DUTC?	Read the device thermal constant.
DUTM	Turn DUT mode on or off. DUTM 0 -- off (air control) DUTM 1 -- on (DUT control)
DUTM?	Read DUT mode on/off state. NOTE: The DUT mode state also appears as a bit in AUXC?.
EDIT	Enter/leave EDIT mode. EDIT mode allows making changes to the parameters for a particular setpoint (selected with z) without trying to control at that setpoint. EDIT 1 – enter edit mode EDIT 0 – leave edit mode
EDIT?	Read the on/off state of EDIT mode.

Command	Description
EROR?	<p>Read the device-specific error register (16 bits).</p> <p><u>Version 3 software:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> bit 15 – reserved bit 14 – no DUT sensor selected bit 13 – improper software version bit 12 – reserved bit 11 – reserved bit 10 – purge heat failure bit 9 -- flow sensor hardware error bit 8 – DUT open loop bit 7 -- internal error bit 6 – open purge temperature sensor bit 5 – no purge flow bit 4 -- low input air pressure bit 3 -- low flow bit 2 – setpoint out of range bit 1 -- air open loop bit 0 – overheat <p><u>Version 1 software:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> bit 12 – DUT sensor failure bit 11 – high flow limit bit 10 – low flow limit bit 9 – low pressure bit 8 – main T/C failure bit 7 – high temperature limit bit 6 – low temperature limit bit 5 – air open loop bit 4 – AC absent bit 3 – controller failure bit 2 – reserved bit 1 – reserved bit 0 - reserved
FLLE	<p>Set the main air flow lower limit.</p> <p>FLLE n – where n is 1 to 5 scfm</p> <p>NOTE: THIS VALUE IS IGNORED BY THE SYSTEM. The flow lower limit value is a fixed value.</p>
FLLE?	Read the main air flow lower limit, in scfm.
FLOW	<p>Turn the main nozzle air flow on or off.</p> <p>FLOW 1 – on</p> <p>FLOW 0 – off</p>

Command	Description
FLOW?	Read the setting of FLOW. NOTE: The FLOW on/off state also appears as a bit in AUXC?.
FLRE?	Read the measured main nozzle air flow rate, in scfm. NOTE: This query and FLWR? are identical.
FLRL?	Read the measured main nozzle air flow rate, in liters/sec.
FLSE	Set the desired main nozzle air flow rate, in English units. FLSE nn – where nn is 5 –18 scfm NOTE: The allowable upper limit for FLSE is 2 less than the setting of FLUE, and so may be less than 18.
FLSE?	Read the main nozzle air flow rate setting, in scfm.
FLUE	Set the main nozzle air flow upper limit, in English units. FLUE nn -- where nn is 5 – 20 scfm.
FLUE?	Read the main nozzle air flow upper limit setting, in scfm.
FLWM	Set the main nozzle air flow rate, in English units. FLWM nn – where nn is 5 –18 scfm NOTE: This command and FLSE are identical.
FLWM?	Read the desired main nozzle air flow rate setting, in scfm. NOTE: This query, and FLSE? are identical.
FLWR?	Read the measured main nozzle air flow rate, in scfm. NOTE: This command and FLRE? are identical.
HDLK	Lock the test head in its current position (up or down). HDLK 1 – head locked (prevented from moving) HDLK 0 – head can move up and down
HDLK?	Read the setting of HDLK.
HEAD	Raise or lower the test head (same as STND). HEAD 1 – put head down HEAD 0 – put head up NOTE: Sending this command when the head is locked will NOT cause an error, but the head will not actually move.
HEAD?	Read the up/down state of the test head. NOTE: The HEAD state also appears as a bit in AUXC?.
LGIN	LGIN “password” remotely logs in a host to the System. NOTE: THIS COMMAND IS USED IN TCP/IP MODE ONLY. It is NOT used for IEEE-488.2 or Serial communications modes. NOTE: “X-Stream” is the factory-set login password.
LGIN?	Returns “GPIB” if the System is in IEEE-488.2 mode, “Serial” if in serial mode, or “Network” if in TCP/IP mode.
LLIM	Set the lower air temperature limit. LLIM nnn -- where nnn is -99 to +25 °C NOTE: LLIM limits the minimum air temperature in both air and DUT control modes. Additionally, an “out of range” error will be generated if a setpoint is less than this value.

Command	Description
LLIM?	Read the lower air temperature limit.
LO	If a host is remotely logged in to the System, LO logs it out. NOTE: THIS COMMAND IS USED IN TCP/IP MODE ONLY. It is NOT used for IEEE-488.2 or serial communications modes.
LOGOUT	same as “LO” (above).
LRNM	Turn DUT automatic tuning (learning) on or off. LRNM 0 – off (control DUT with current DUT control parameters) LRNM 1 – automatic tuning on NOTE: LRNM 0 is equivalent to DTYP 0. LRNM 1 is equivalent to DTYP 1.
LRNM?	Read the setting of LRNM.
MCTP	Set the MCT interface polarity. MCTP 0 – negative MCTP 1 – positive
MCTP?	Read the setting of MCTP.
NEXT	Step to the next setpoint during temperature cycling. NOTE: Stepping will occur whether or not the device is at temperature. NEXT will cause an error if the system is not in cycling mode.
PASS	Change the System password – PASS “password.” NOTE: THIS COMMAND IS USED IN TCP/IP MODE ONLY. It is NOT used for IEEE-488.2 or serial communications modes.
PRGT	To maintain compatibility with other Temptronic products, this command is accepted but ignored. PRGT nn - where nn is the purge heat temperature.
RAMP	Set the ramp rate for the currently selected setpoint, in °C per minute. RAMP nn.n – where nn.n is 0 to 99.9 in 0.1 °C per minute steps. or RAMP nnnn – where nnnn is 100 to 9999 in 1 °C per minute steps.
RAMP?	Read the setting of RAMP.
RMPC	To maintain compatibility with other Temptronic products, this command is accepted but ignored. RMPC 1 RMPC 0
RMPS	Same as RMPC
RSTO	Reset (force) the System to the Operator screen. NOTE: Any device-specific errors are reset. The upper and lower temperature limits and certain other values are reset. Setpoint number 1 (Ambient) becomes the active setpoint. NOTE: After sending this command, wait 4 seconds before sending another command.

Command	Description
SETD?	Read the dynamic temperature setpoint. NOTE: This value will change during a temperature ramp to reflect the instantaneous value at the time the query is executed.
SETN	Select a setpoint to be the current setpoint. SETN nn -- where n is 0 – 17 when on the Cycle screen. or SETN n – where n is 0 to 2 when on the Operator screen (0=hot, 1=ambient, 2=cold). NOTE: Use *RST to reset (force) the System to the Cycle screen. Use RSTO to reset (force) the System to the Operator screen. NOTE: SETN arguments 0-17 correspond to the setpoints numbered 1-18 on the Cycle screen. NOTE: Use EDIT to change the parameters for a particular setpoint without actually controlling temperature at that setpoint.
SETN?	Read the current setpoint number.
SETP	Set the currently selected setpoint's temperature. SETP nnn.n -- where nnn.n is –99.9 to 225.0 °C. NOTE: Entering a value greater than ULIM (the upper limit) or less than LLIM (the lower limit) will cause an “out of range” error.
SETP?	Read the current temperature setpoint.
SFIL	SFIL “filename” loads the test setup file with that name. NOTE: The file name should be in quotes. NOTE: After sending this command, wait 2 seconds before sending another command.
SFIL?	Return the name of the test setup file currently in use.
SFIS	SFIS “filename” saves the current values of the test parameters to a file with that name. NOTE: The file name should be in quotes. If it already exists, it will be overwritten. NOTE: After sending this command, wait 2 seconds before sending another command.
SOAK	Set the soak time for the currently selected setpoint. SOAK nnnn – where nnnn is 0 – 9999 seconds.
SOAK?	Read the soak time for the currently selected setpoint.
SPEN	Enable/disable the use during temperature cycling of the currently selected setpoint. SPEN 1 – the System will use the setpoint during temperature cycling. SPEN 0 – the System will skip the setpoint during temperature cycling. NOTE: SPEN 0 forces the ramp rate of the selected setpoint to zero. Setting the ramp rate to zero is another way to cause a setpoint to be skipped during cycling.
SPEN?	Read the value of SPEN for the currently selected setpoint.

Command	Description
SRST	Reset (force) the System to the Cycle screen without raising the test head. NOTE: Any device-specific errors are reset. The upper and lower temperature limits and certain other values are reset. Setpoint number 5 becomes the active setpoint. NOTE: After sending this command, wait 4 seconds before sending another command.
STIM	set the shutdown timer to shutdown the system after n minutes where n is 0 - 12960. NOTE: Setting a value of "0" will disable the shutdown timer.
STIM?	queries the time (in minutes) before the timer will shutdown the system.
STND	Raise or lower the test head (same as HEAD). STND 1 -- put head down STND 0 -- put head up NOTE: Sending this command when the head is locked will NOT cause an error, but the head will not actually move.
TECR?	Read the temperature event condition register. bit 7 – datalogging on bit 6 -- not used bit 5 -- stopped cycling ("stop on fail" signal was received) bit 4 -- end of all cycles bit 3 -- end of one cycle bit 2 -- end of test (test time has elapsed) bit 1 -- not at temperature bit 0 -- at temperature (soak time has elapsed)
TEMP?	Read the main temperature, in 0.1 °C increments. NOTE: This query returns air temperature when in air-control mode, or DUT temperature when in DUT-control mode. Use TMPA? to always return air temperature, and TMPD? to always return DUT temperature, regardless of mode.
TESE	Set the temperature event status enable (mask) register. TESE nnn -- where nnn is 0 – 255 NOTE: See TESR? for the meaning of each bit in the mask.
TESE?	Read the temperature event status enable (mask) register.

Command	Description
TESR?	<p>Read the temperature event status register</p> <p>bit 7 -- reserved</p> <p>bit 6 -- not used</p> <p>bit 5 -- stopped cycling ("stop on fail" signal was received)</p> <p>bit 4 -- end of all cycles</p> <p>bit 3 -- end of one cycle</p> <p>bit 2 -- end of test (test time has elapsed)</p> <p>bit 1 -- not at temperature</p> <p>bit 0 -- at temperature (soak time has elapsed)</p> <p>NOTE: The above bits are latched. They are set when the corresponding bit in the temperature event condition register makes a 0 to 1 transition, and are automatically cleared when the temperature event status register is read.</p>
TMPA?	<p>Read air temperature, in 0.1 °C increments.</p> <p>NOTE: This query always returns the air temperature, whether in air or DUT control modes.</p>
TMPD?	<p>Read DUT temperature, in 0.1 °C increments.</p> <p>NOTE: This query always returns the DUT temperature, whether in air or DUT control modes.</p>
TRKL	<p>Turn trickle flow on/off.</p> <p>TRKL 1 – trickle flow on</p> <p>TRKL 0 – trickle flow off</p>
TRKL?	Read the setting of TRKL.
TTIM	<p>Set the maximum allowable test time.</p> <p>TTIM nnnn -- where nnnn is 0-9999 seconds</p> <p>NOTE: Setting a test time will prevent the System from staying at one setpoint forever during cycling if a NEXT command or MCT interface "end of test" pulse is not received.</p>
TTIM?	Read the maximum test time.
ULIM	<p>Set the upper air temperature limit.</p> <p>ULIM nnn -- where nnn is 25 to 225 °C.</p> <p>NOTE: ULIM limits the maximum air temperature in both air and DUT control modes. Additionally, an "out of range" error will be generated if a setpoint exceeds this value.</p>
ULIM?	Read the upper air temperature limit.
WHAT?	<p>Returns an integer indicating what the system is doing at the time the query is processed.</p> <p>5 = on Operator screen</p> <p>6 = on Cycle screen</p>

Command	Description
WNDW	Set the currently selected setpoint's temperature window. WNDW n.n -- where n.n is 0.1 - 9.9 °C NOTE: The window is the maximum positive or negative deviation from the temperature setpoint allowable for an "at temperature" condition.
WNDW?	Read the currently selected setpoint's temperature window.

Section J: Ethernet 10/100 BaseT Interface

Ethernet Overview

In this Section

The following topics are covered in this Section:

Topic	See Page
Ethernet Connector	28
Ethernet Log In/Log Out	29

Ethernet Connector

Introduction

An industry standard RJ-45 port is provided for 10/100 BaseT Ethernet communications. It supports:

- 10 Mb/s and 100 Mb/s operation (N-way auto-negotiation)
 - Full duplex capability
 - Full duplex flow control per IEEE 802.3x
-

RJ-45 Connector (Pin Outs)

Pin	Signal
1	Transmit + (positive)
2	Transmit - (negative)
3	Receive + (positive)
4	Not Connected
5	Not Connected
6	Receive - (negative)
7	Not Connected
8	Not Connected

Ethernet Log In/Log Out

Procedure

To log in / log out, via Ethernet to a fully booted, operational *TP04300A*, from a remote host:

Step	Action
1	Connect via telnet to 192.168.1.200 (factory default TCP/IP address) port 40957.
2	Terminal type is vt100.
3	Remote host displays: "Welcome to the X-Stream Server client from [TP04300A IP Address] ###.###.###.### at port ####" one connection is established.
4	Log in the remote host to control the <i>TP04300A</i> via the ethernet connection. At the remote host screen, command prompt, type: LOGIN X-Stream. Press Enter key.
5	Remote host displays: "Password correct. Controller now is NETWORK"
6	Note: "X-Stream" is the factory installed <i>TP04300A</i> remote login password. If "X-Stream" does not operate, then the remote login password may have been changed by a user. (See the LOGIN and PASS commands in Chapter 3)
7	The Command Set given in Remote Command Set (page 4-13) can now be executed from the remote host.
8	The <i>TP04300A</i> screen is slightly "grayed" out, "LOGIN" displays in the <i>TP04300A</i> screen lower right corner, and in the Status Bar (top of screen), the "Control" field displays "Network."
9	To disable (exit) remote control, log out by: <ol style="list-style-type: none"> 1. typing LOUT at the remote command prompt. 2. Press the Enter key. 3. Remote screen displays: "Success. Controller now is LOCAL." 4. In the Status Bar, the <i>TP04300A</i> screen Control field displays: "Local." <p>NOTE: LOUT is required to free the TCP/ IP port of the <i>TP04300A</i>.</p>

Section K: MCT Interface

MCT Interface

This interface has 2 inputs:

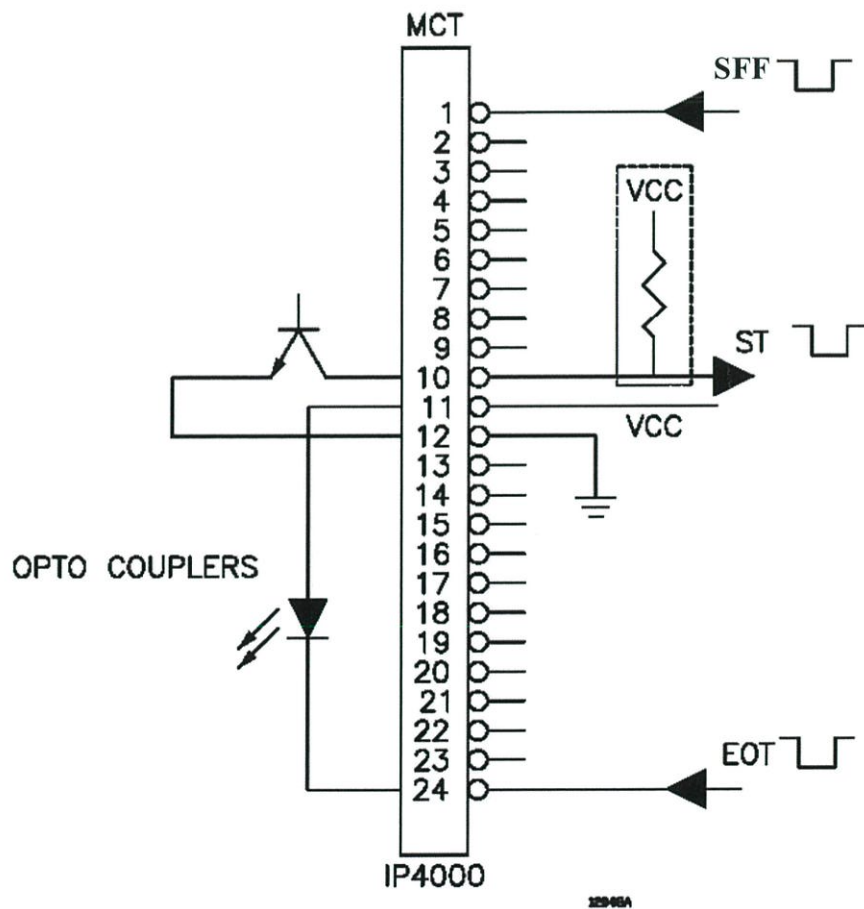
- End of Test (EOT) and Stop On First Fail (SFF),

and one output:

- Start Test (ST).

To set the input/output pulse polarity, use “MCT Polarity: Positive/Negative” on the *Utilities Screen* (see Chapter 3 for more information on the *Utilities screen*).

MCT Interface



120481A.jpg

**MCT Connector, Pin
Outs**

Pin #	Signals	Functions
1	STOP, FIRST FAIL	An input pulse as short as 11 msec received to signal the System (when in cycle mode) to abort temperature cycling and to display "DUT Failure" alert.
10	START TEST (READY TO TEST)	An output (120 to 150 msec pulse) from the System to signal AT TEMP condition.
11	TESTER VCC	+5 to +12 Vdc
12	TESTER GROUND	Ground
24	END OF TEST	An input (as short as 11 msec pulse) to the System which when in cycle mode will limit the maximum set test time.
