

กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ผู้ กลุ่มที่ 40 ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส 12010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์ รหัส 62010694 ชื่อ นาย กานต์.

วันเดือนปี 24 / 03 / 2020.

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

## การทดลองที่ 5 Diode: Characteristics and Application (rev.03)

### วัตถุประสงค์

- เพื่อหาลักษณะสมบัติของไดโอด
- เพื่อหาความต้านทานขณะไบอสตรองและไบอสกัลบของไดโอด
- เพื่อศึกษาวงจรกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

### อุปกรณ์เพิ่มเติม

- ไม่มี

### เว็บไซต์สำหรับ simulation

- <http://www.falstad.com/circuit/e-npn.html>

เต็ม 10 คะแนน

*5.1 Diode checking with DMM*

*5.2 Diode Characteristic*

*5.3 Diode Clipping*

*5.4 Half wave rectifier*

*5.5 Full wave rectifier*

เนื้องจาก การทดลองเป็นแบบ simulation บนเว็บ

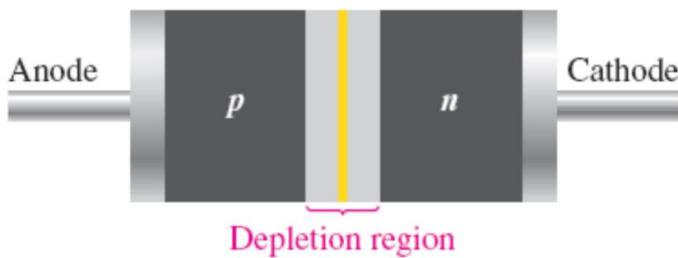
ดังนั้นให้นักศึกษาทุกคนตั้งใจทำ และพยายามทำความเข้าใจ

กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๖๕๔ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี ๒๔/๐๓/๒๐๒๐  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์

### ทดสอบ

ไอโอดเป็นอุปกรณ์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ p-n สามารถควบคุมให้กระแสไฟฟ้าจากภายนอกไหลผ่านตัวมันได้ทิศทางเดียว ได้โดยชนิดสารกึ่งตัวนำ มักจะใช้ผลึกสารกึ่งตัวนำจำพวกซิลิกอนที่ไม่บริสุทธิ์โดยการทำการเจือสาร (Dope) ให้เกิดสารกึ่งตัวนำสองชนิดโดยชนิดแรกมีประจุลบคืออิเล็กตรอนมากกว่าโอลิจิเมตเรียกว่า “สารกึ่งตัวนำชนิด n (n-type semiconductor)” ส่วนอีกชนิดหนึ่งนั้นจะมีประจุบวกหรือโอลิจิเมตมากกว่าอิเล็กตรอนเรียกว่า “สารกึ่งตัวนำชนิด p (p-type semiconductor)” ดังนี้ได้อดจึงมีข้อ 2 ข้อ คือ แອโนด (Anode ; A) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด p และ แคทโอด (Cathode ; K) ซึ่งต่ออยู่กับสารกึ่งตัวนำชนิด n โดยมีโครงสร้างและสัญลักษณ์ดังรูปที่ 1 (a) และ (b) ตามลำดับ



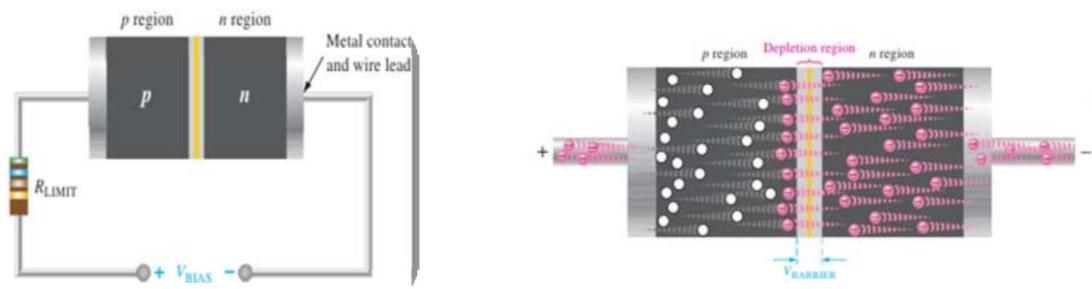
(a) Basic structure



(b) Symbol

### การไบอัล (BIAS)

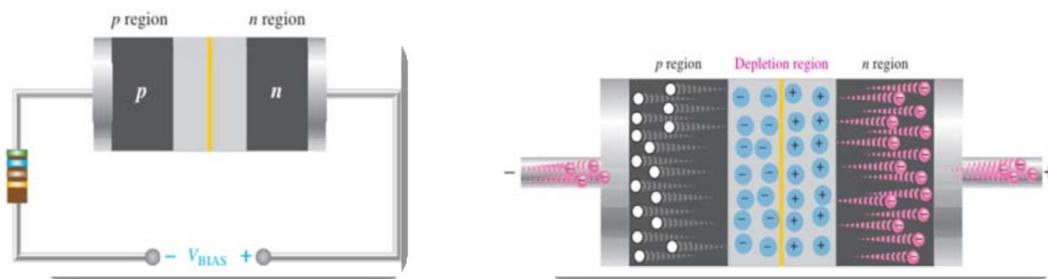
การไบอัลเป็นการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับอุปกรณ์เพื่อให้ทำงานตามที่ผู้ออกแบบต้องการ โดยการไบอัลจะต่อ p-n เป็นการป้อนสนามไฟฟ้าภายนอกให้แก่รอยต่อ ซึ่งมีผลต่อบริเวณปลดพาราห์ ซึ่งสามารถทำได้สองแบบ คือ การไบอัลตรง (Forward Bias) และการไบอัลกลับ (Reverse Bias)



การไบอัลตรงแก่รอยต่อ p-n โดยการป้อนศักย์ไฟฟ้าบวกแก่สารกึ่งตัวนำ p-type และการป้อนศักย์ลบให้กับสารกึ่งตัวนำ n-type ซึ่งจะผลักให้พาราห์ข้ามมากเข้าหารอยต่อ ทำให้บริเวณปลดพาราห์แอบลง หากศักย์ไฟฟ้าที่ป้อนนั้นมีค่าสูงกว่ากำแพงศักย์ไฟฟ้าภายนอรอยต่อ ก็จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลผ่านรอยต่อได้ ซึ่งศักย์ไฟฟ้าที่ร้อยต่อของรอยต่อ p-n ที่สร้างจาก Ge มีค่าประมาณ 0.3 V และ Si จะมีค่าประมาณ 0.7 V ที่ 25 องศาเซลเซียส

กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๖๕๔ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส ๑๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี ๒๔/๐๓/๒๐๒๐.  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์.



การໄบอสกัลบแกรอยต่อ p-n โดยป้อนศักยบวกแก่สารกึ่งตัวนำ n-type และศักยลบใหกับสารกึ่งตัวนำ p-type ซึ่งจะดึงดูดให้พาหะข้างมากเข้าหาศักยไฟฟ้าที่ป้อน จึงทำให้บริเวณปลดพากว้างยิ่งขึ้น อนึ่งการໄบอสกัลบนี้ไม่ขัดขวางการเคลื่อนที่ของพาหะข้างน้อย

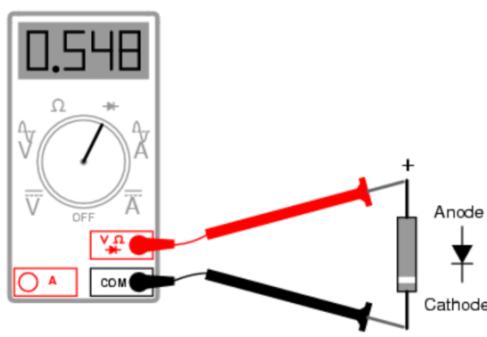
### การทดลองที่ 5.1 การทดลองวัดค่าของไดโอดด้วย DMM

- ทำการวัดค่าไดโอดโดยปรับ DMM (Digital Multi Meter) ไปยังย่านวัดไดโอด ตามรูปที่ 1



รูปที่ 1 แสดงย่างการวัดไดโอด

- ทำการต่อดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (DMM) เข้ากับไดโอดตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 การวัดไดโอดโดยใชดิจิตอลมัลติมิเตอร์

กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๔๕ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๑ ห้อง \_\_\_\_\_ วันเดือนปี ๒๔ / ๐๓ / ๒๐๒๐.  
 รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย ก๊ะพพก รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย ก๊ะก๊ะ.

- 3) ทำการบันทึกผลค่าที่วัดได้จากรูปที่ 2 โดยที่สายวัดสีแดงวัดที่ข้ออาโนดและสายสีดำวัดที่ข้อคาก็อต (Forward bias)  
 ถ้าหน้าจอของ DMM ขึ้นดังรูปที่ 1 ให้บันทึกเป็น over range  
 4) ทำการบันทึกผลค่าที่วัดได้จากรูปที่ 2 โดยที่สายวัดสีแดงวัดที่ข้อคาก็อตและสายสีดำวัดที่ข้ออาโนด (Reverse bias)  
 ผลการทดลองวัดค่าของไดโอดจากข้อ 1) ถึงข้อ 4) ได้ผลดังตารางด้านล่างนี้

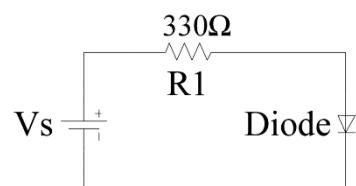
NO.	Diode	Reverse Bias	Forward Bias
1	1N4001 #1	over range	575 mV
2	1N4001 #2	over range	595 mV
3	1N4001 #3	over range	594 mV
4	1N4001 #4	over range	597 mV

- ถ้าเรารวดได้โอด แล้วพบว่า มีความต้านทานน้อยทั้ง Forward และ Reverse แสดงว่า ..... short circuit  
 ➤ ถ้าเรารวดได้โอด แล้วพบว่า มีความต้านทานมากทั้ง Forward และ Reverse แสดงว่า ..... open circuit.

#### การทดลองที่ 5.2 การทดลองตรวจสอบคุณสมบัติของไดโอด

##### ขั้นตอนการทดลอง

- ต่อวงจรตามรูปด้านขวามือใน simulation
- วัดค่า Resister  $R_1$   
ค่าที่ได้คือ 330  $\Omega$
- ใช้มิเตอร์วัดโวลต์เจลที่ต่อกรรร่อมไดโอด ปรับ  $V_s$  ให้ได้  $V_{\text{Diode}}$  ตามตาราง
- ใช้มิเตอร์วัด Voltage ที่ต่อกรรร่อม  $R_1$  บันทึกผล และคำนวณกระแส



No	$V_{\text{Diode}}$	$V_s$ (Volt)	$V_{R1}$ (Volt)	$i = V_{R1}/R_1$ (mA.)
1	0.45 V	0.8 V	0.34 V	1.1 mA
2	0.50 V	1.4 V	0.90 V	2.7 mA
3	0.55 V	2.9 V	2.35 V	7.1 mA
4	0.60 V	6.8 V	6.20 V	19.0 mA
5	0.65 V	16.9 V	16.25 V	49.0 mA
6	0.70 V	44.0 V	43.29 V	131 mA
7	0.75 V	113.0 V	112.25 V	340 mA

กลุ่ม (เข้า-บ่าย) น้ำ กลุ่มที่ 40 ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
 รหัส 12010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี 24 / 03 / 2020.

รหัส 12010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์.

- 5) นักศึกษาคิดว่าเราตั้งค่า  $V_s = 20 \text{ V}$ . และเรานำหัวแร้งมาจ่อใกล้ๆ ไดโอด (เพิ่มอุณหภูมิให้ไดโอด) นักศึกษาคิดว่าโวลต์จอล์ทกครองมไดโอดจะเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

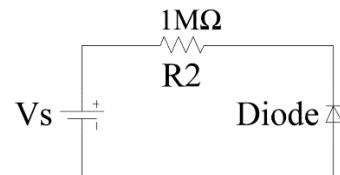
**V คงดี. แต่กระแสงอาจไม่คงที่เนื่องจาก การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้เกิด electron-hole pair มากกว่า barrier potential เท่านั้น กรณีนี้ กรณีจะไม่คงที่.**

- 6) วัดค่า Resistor  $1\text{M}\Omega$

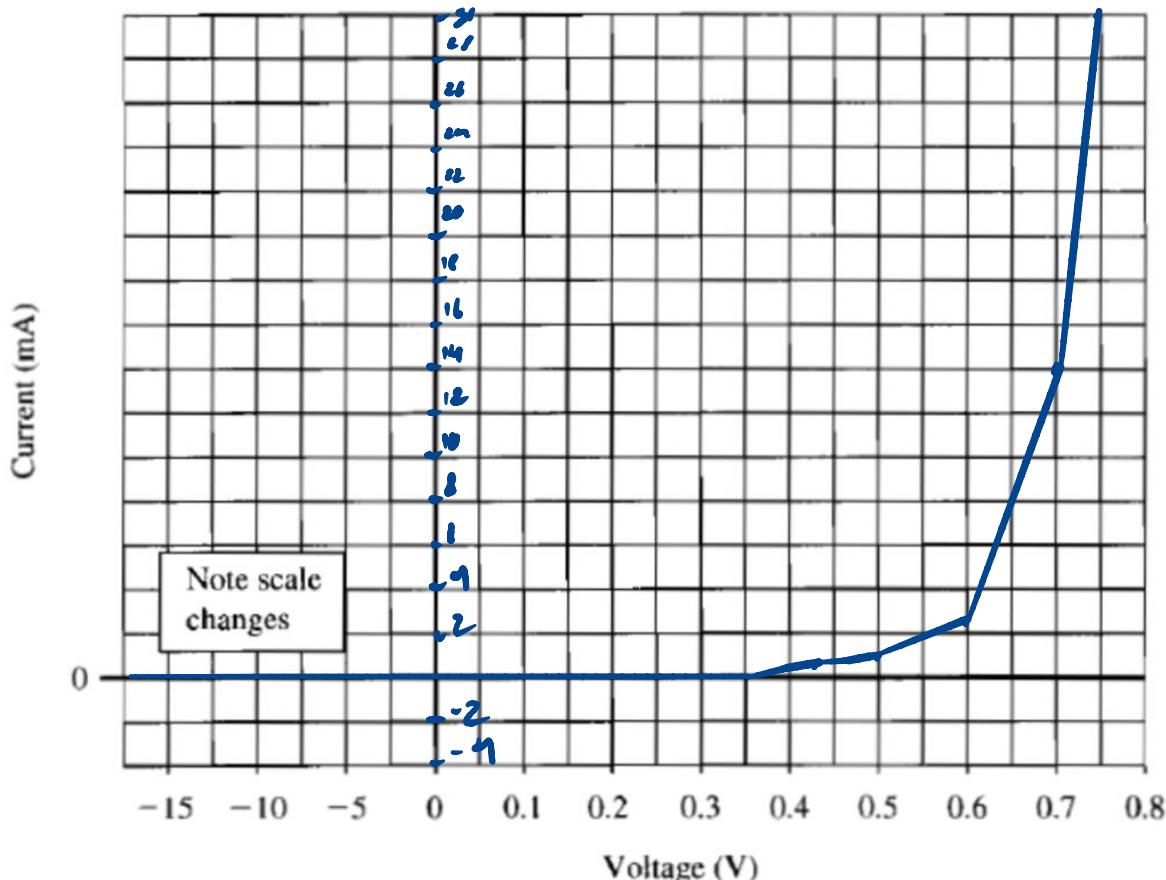
ค่าที่วัดได้คือ  $1\text{M}$   $\Omega$

- 7) ต่อวงจรตามรูป ปรับค่า  $V_s$  ให้ได้ Voltage ตกคร่อม  $R_2$  ดังตาราง

$V_{R2}$ (measured)	$V_{REV}$ (measured)	$I_{REV}$ (measured)
5.0 V.	405 V	5.178 mA
10.0 V	410 V	10.16 mA
15.0 V.	415 V	15.15 mA



- 8) นำข้อมูลที่ได้มาพล็อตกราฟ



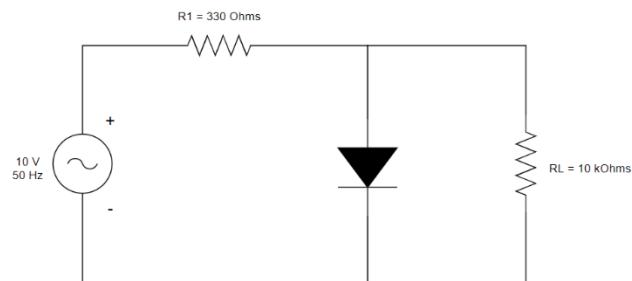
กลุ่ม (เข้า-บ่าย) เข้า กลุ่มที่ 40, ชั้นปี ๑ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส 12010184 ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี ๒๔ / ๐๓ / ๒๐๒๐  
อ นาง ภานุ

### การทดลองที่ 5.3 การทดลองวงจรตัดรูปคลื่น (Diode Clipping)

## ขั้นตอนการทดลอง

- ต่อวงจรใน simulation ดังรูป  
ตั้งค่า sine wave ให้ได้  $V_{max} = 10 \text{ V}$   $50 \text{ Hz}$ .  
ตั้งค่า  $R_1$  ให้มีค่า  $330 \Omega$  และ  $RL$  ให้มีค่า  $10 \text{ k}\Omega$
  - คลิกขวาที่  $RL$  แล้วเลือก View in Scope  
จะเห็นค่าต่างๆ และว่าดูรูปสัญญาณที่ได้

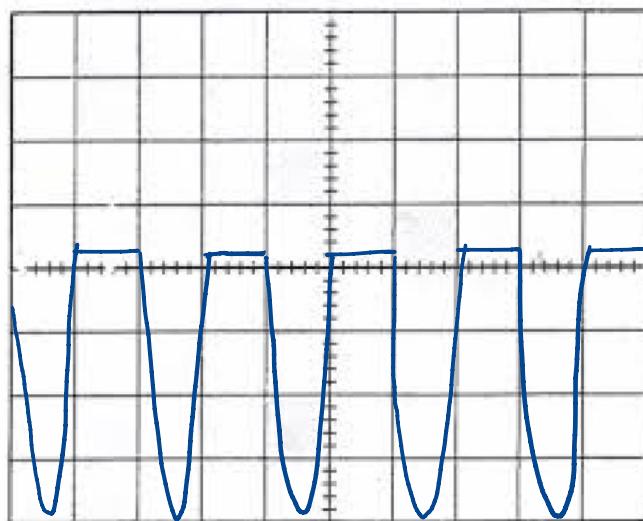


Scope = ..... 5 ..... V / div

Timebase = 10m s / div

$$V_{max} = \dots \text{Volts.}$$

$$V_{min} = -9.12 \text{ V}$$



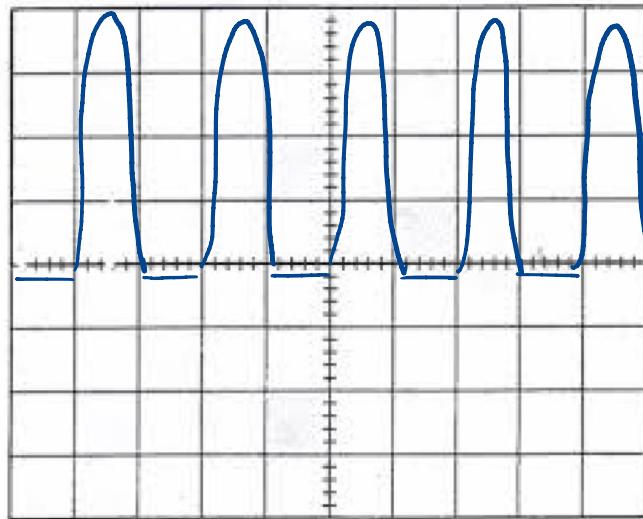
- 3) จัดว่างจรข้อที่ 1) ให้ทดลองกลับด้านของ Diode จากนั้นที่ Scope ของ RL ระบบค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้

Scope = ..... V / div

Timebase = ..... s / div

$$V_{max} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ Volts.}$$

$$V_{min} = -121.02 \text{ mV}$$



- 4) จากการทดลอง จะเห็นว่าเมื่อเป็น Forward Bias ค่า Voltage ที่ต่อกลาง RL ที่ได้จะไม่เป็น 0 เพราะเหตุใด

ດករកនៅលើបាន A/C និងទី +, - ស្រឡាញ + និងតុលាបីទី 0 ត្រូវ  
និងទី 0 - និងទី 0 ដូចសារ - ត្រូវការតម្លៃ R oh ឬ រាជីនុល់  
short circuit. (ជីវិនិគរណី R ឬ h នៅលើ)

กลุ่ม (เข้า-บ่าย) บุญ กลุ่มที่ 40 ชั้นปี ๖ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส 12010694 ชื่อ นาย ก้าวหน้า

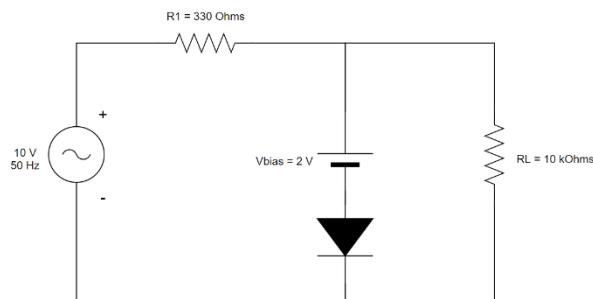
วันเดือนปี 24 / 03 / 2020.  
รหัส 62010694 ชื่อ นาย ก้าวหน้า.

- 5) จากวงจรข้อที่ 3) ให้ต่อ Bias เพิ่มที่ Diode ตามรูป

ตั้งค่าให้  $V_{Bias} = 2 \text{ V}$

- 6) ที่ Scope ของ RL

ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้

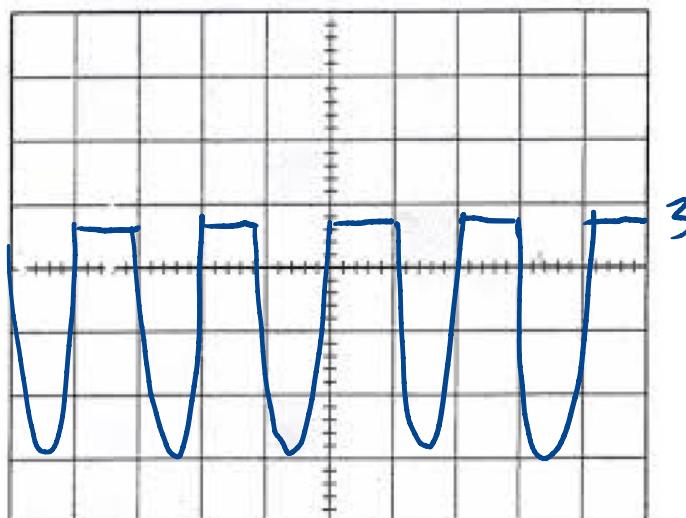


Scope = 5 V / div

Timebase = 10m s / div

$V_{max} = 2.72$  Volts.

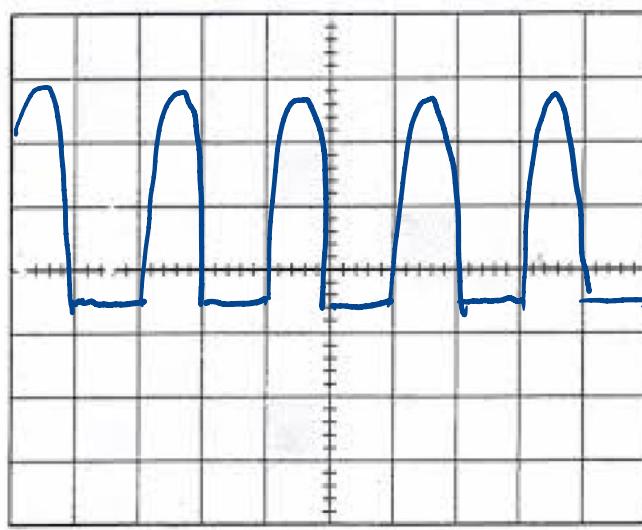
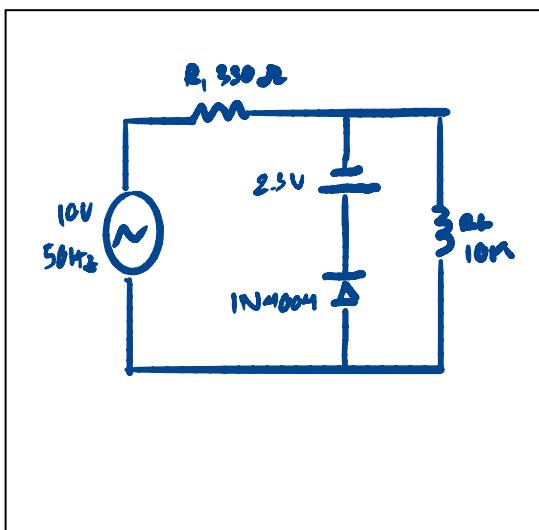
$V_{min} = -9.68$  Volts.



- 7) จากข้อที่ 6) เหตุใดจึงกราฟจึงเป็นเช่นนี้ จงอธิบาย

ในวงจร Reverse Bias ไม่มี I ไหลผ่าน Diode ทำให้  $V_{RL}$  มีส่วนหนึ่งเป็น negative cycle สำหรับ Forward bias ที่  $V_s < V_{Bias} + V_{barrier}$  จะมีไม่มี I ไหลผ่าน Diode ทำให้  $V_{RL}$  มีส่วนเป็น positive cycle ดังรูปแบบนี้ หรือ  $I_{Diode} = V_{Bias} + V_{barrier}$  ทำให้  $V_{RL}$  เป็นแบบนี้.

- 8) ถ้าหากต้องการกราฟถูก Clipping ในฝั่งทางด้านลบ โดยมี Voltage หลังถูก Clipping แล้วเป็น -3 V และได้กราฟ Sine Wave เต็มรูปทางด้านบวก จะต้องต่อวงจรอย่างไร ระบุค่าต่างๆ ให้สมบูรณ์ ให้วัดภาพวงจรและผลลัพธ์ที่ได้



กลุ่ม (เข้า-บ่าย) เนื้า กลุ่มที่ 40 ชั้นปี ๖ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส 12010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี 24 / 03 / 2020.

รหัส 62010694 ชื่อ นาย กานต์.

### การทดลองที่ 5.4 การทดลองวิเคราะห์เรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half-Wave Rectifier)

#### ขั้นตอนการทดลอง

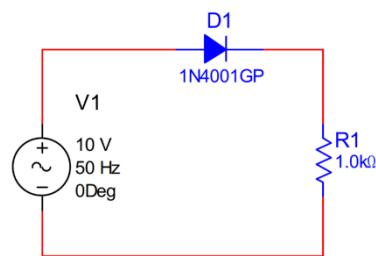
9) ต่อวงจรใน simulation ดังรูป

ตั้งค่า sine wave ให้ได้ 10 Vpp 50 Hz.

และตั้งค่า R1 ให้มีค่า 1.0 kΩ

10) คลิกขวาที่ Sine wave generator และเลือก View in Scope

ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้



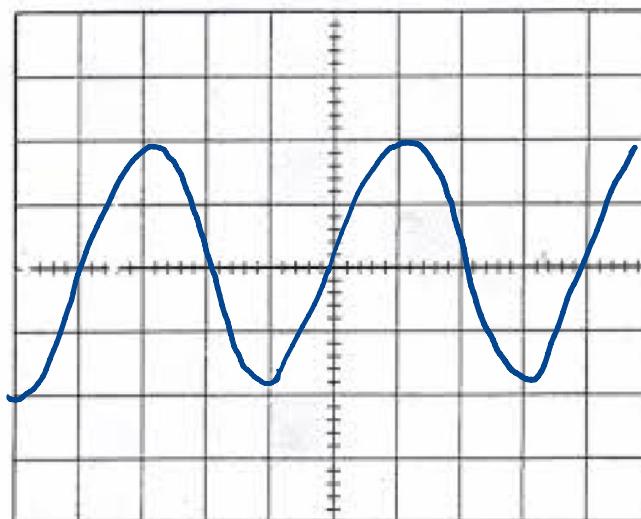
Scope = ..... 5 V / div

Timebase = ..... 10m s / div

Vmax = ..... Volts.

Vmin = ..... Volts.

Frequency = ..... Hz.



11) คลิกขวาที่ D1 และเลือก View in Scope

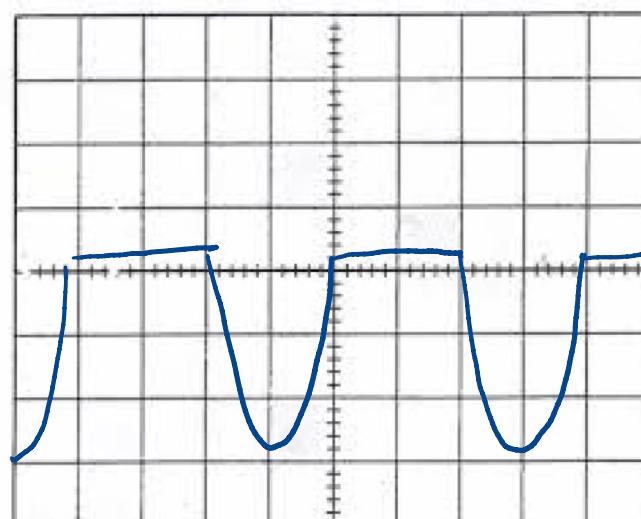
ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้

Scope = ..... 5 V / div

Timebase = ..... 5m s / div

Vmax = ..... Volts.

Vmin = ..... Volts.

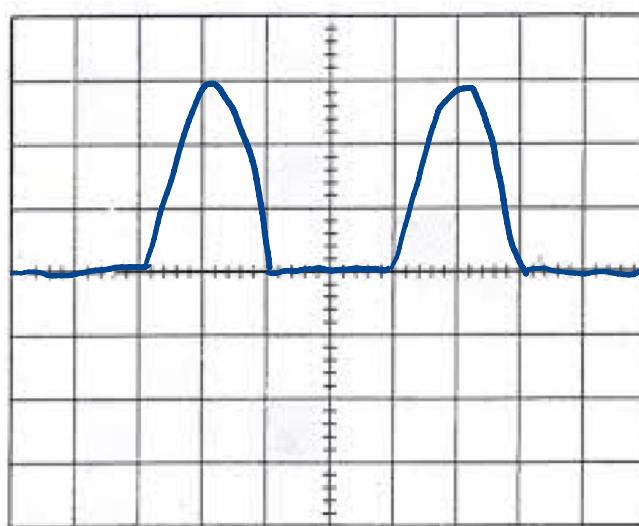
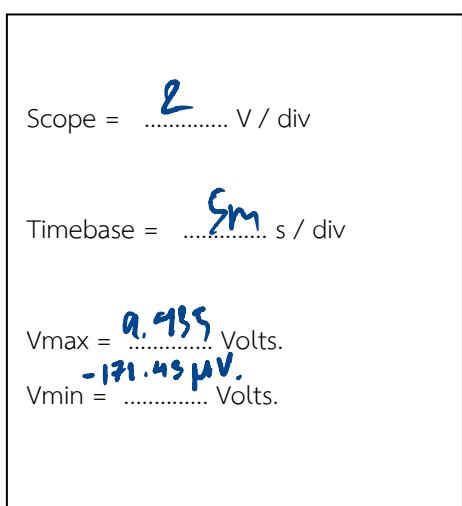


กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๖๕๗ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี ๒๔ / ๐๓ / ๒๐๒๐.  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์.

12) คลิกขวาที่ R1 แล้วเลือก View in Scope

ระบุค่าต่างๆ และวาดรูปสัญญาณที่ได้



กลุ่ม (เข้า-บ่าย) หน้า กลุ่มที่ 40 ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส 12010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์

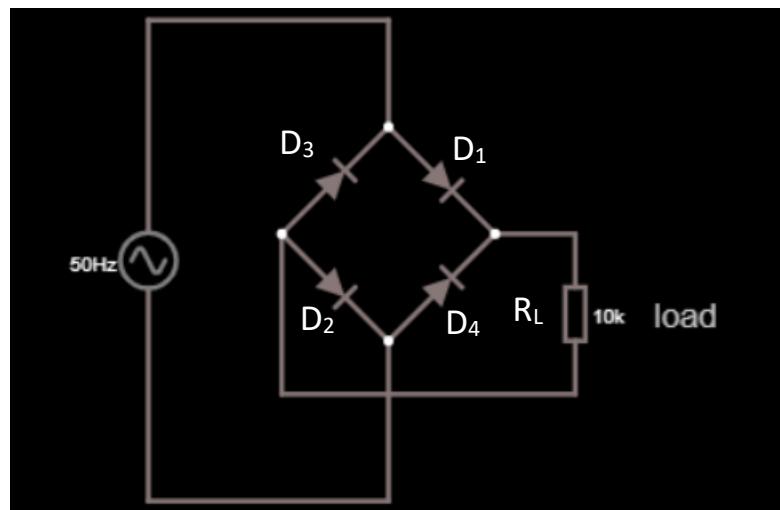
วันเดือนปี 24 / 03 / 2020.

รหัส 62010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์.

### การทดลองที่ 5.5 การทดลองวิเคราะห์เรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full-Wave Rectifier)

#### ขั้นตอนการทดลอง

- 1) ที่แคนบเมนู ให้เลือก Circuits >> Diodes >> Full-Wave Rectifier
- 2) ตั้งค่า Sine Wave Generator ให้มีค่า Voltage, Frequency เหมือนกับไฟฟ้ากระแสสลับในประเทศไทย  
และตั้งค่า  $R_{load}$  เป็น 10 kΩ



- 3) คลิกขวาที่ Sine wave generator และเลือก View in Scope

ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้

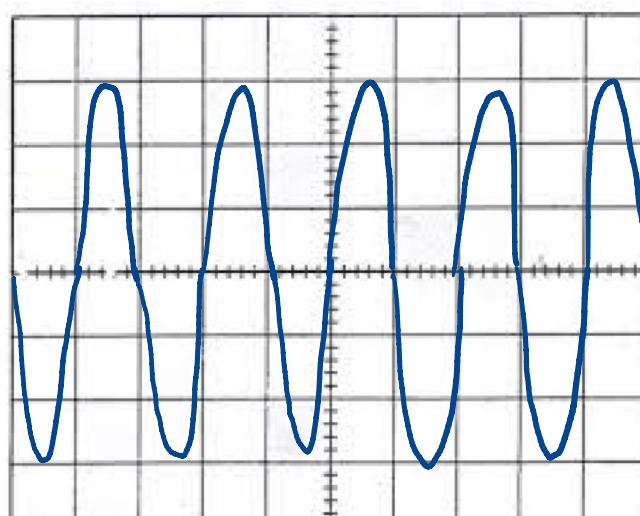
Scope = 100 V / div

Timebase = 10m s / div

Vmax = 311 Volts.

Vmin = -309.6 Volts.

Frequency = 50 Hz.

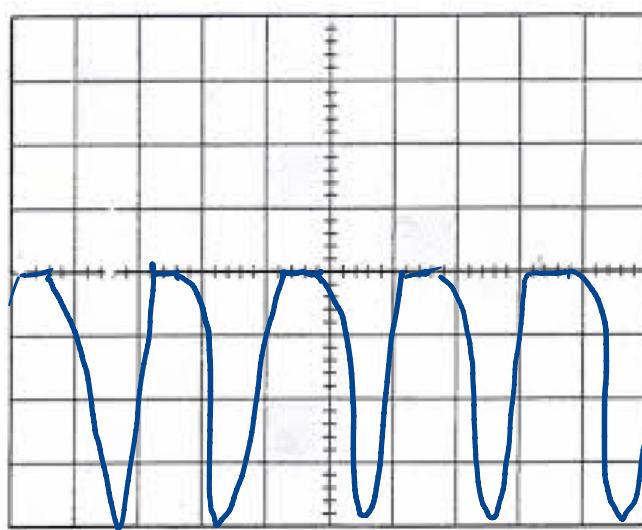
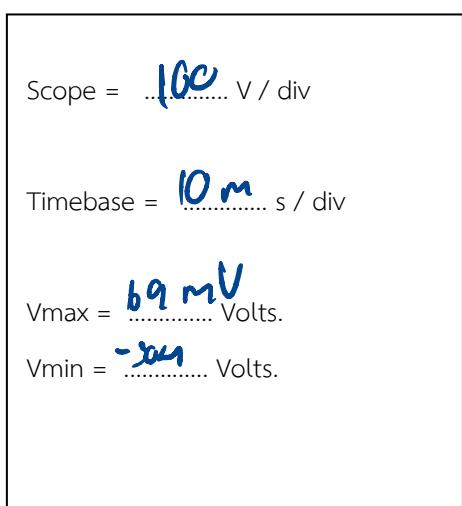


กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๖๕๗ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี ๒๔/๐๓/๒๐๒๐.  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์.

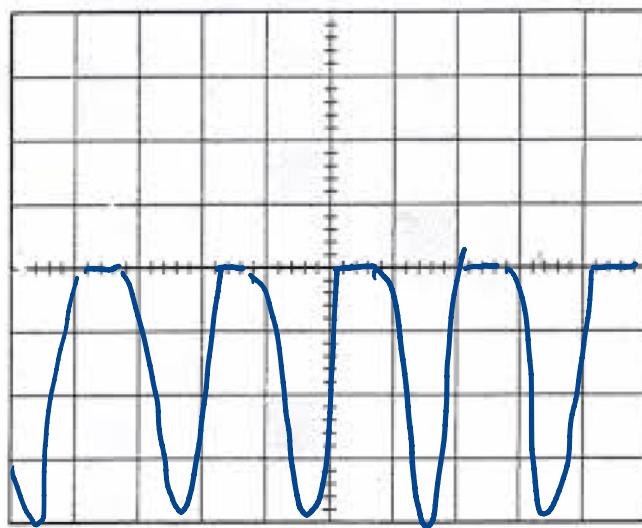
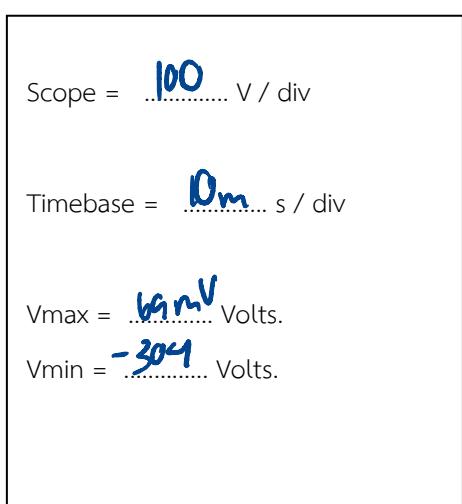
4) คลิกขวาที่ D3 แล้วเลือก View in Scope

ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้



5) คลิกขวาที่ D2 แล้วเลือก View in Scope

ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้

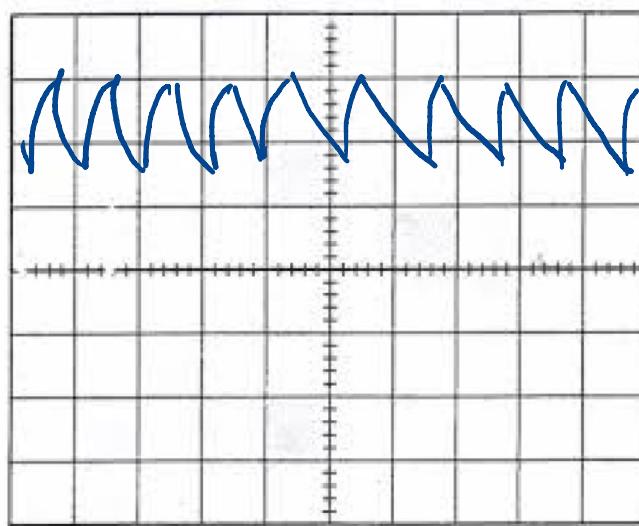
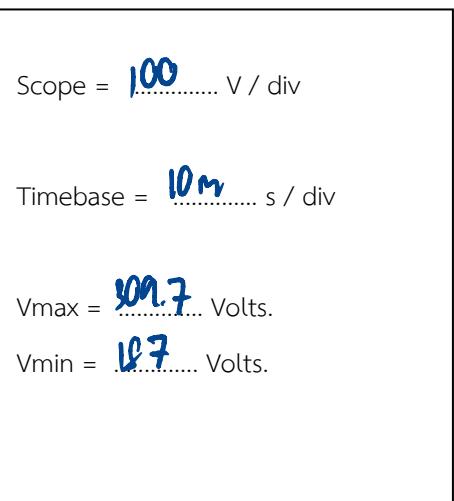


กลุ่ม (เข้า-บ่าย) 1 ชั่ว กลุ่มที่ 40 ชั้นปี ๖ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส 12010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์

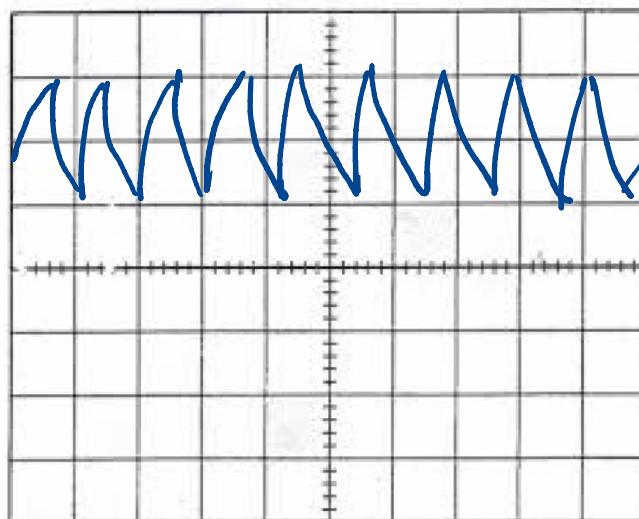
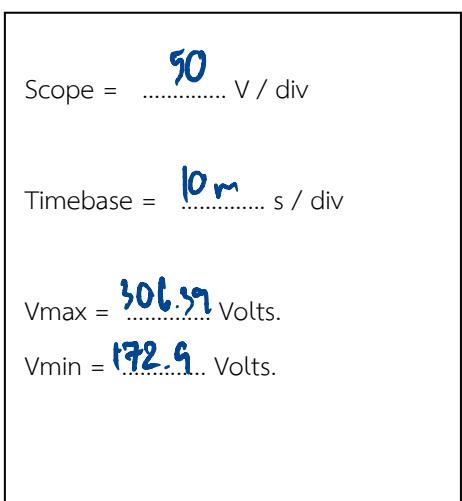
วันเดือนปี 24 / 03 / 2020.  
รหัส 62010694 ชื่อ นาย กานต์พงษ์.

6) คลิกขวาที่  $R_L$  และเลือก View in Scope

ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้



7) นำค่าปารามิเตอร์ 1  $\mu F$  ต่อขนานกับ  $R_L$  โดยให้ขั้วบวกของค่าปารามิเตอร์ต่อกับจุด V+ และ ขั้วลบ ต่อกับ Ground ที่ Probe ของ  $R_L$  ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้

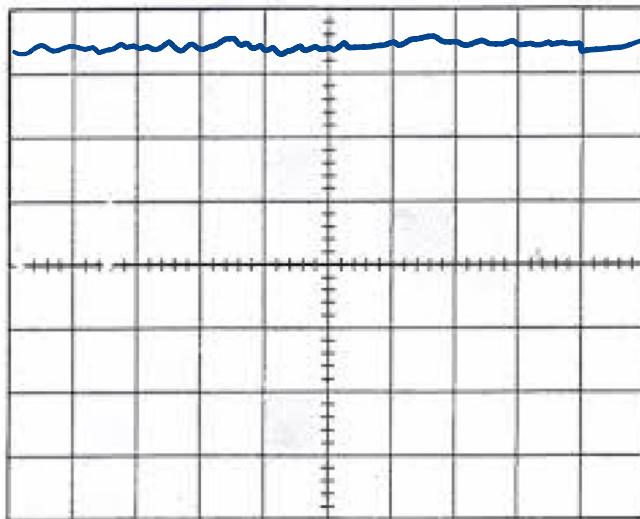


กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๔๗ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๖ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย ก่อพงษ์

วันเดือนปี ๒๔ / ๐๓ / ๒๐๒๐.

- 8) นำคาปaciเตอร์  $100 \mu\text{F}$  ต่อแทน  $1 \mu\text{F}$  ขนาดกับ  $R_L$  โดยให้ข้อบ่งชี้ของคาปaciเตอร์ต่อ กับจุด  $V+$  และ ข้อบ่งชี้ กับ Ground ที่ Probe ของ  $R_L$  ระบุค่าต่างๆ และวัดรูปสัญญาณที่ได้

Scope = <u>50</u> V / div
Timebase = <u>10m</u> s / div
Vmax = <u>309.6</u> Volts.
Vmin = <u>508</u> Volts.



กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๖๗ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๕ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี ๒๔ / ๐๓ / ๒๐๒๐.  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์.



## 1N4001 - 1N4007

### Features

- Low forward voltage drop.
- High surge current capability.



### General Purpose Rectifiers

#### Absolute Maximum Ratings\*

$T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
$V_{RRM}$	Peak Repetitive Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V
$I_{F(AV)}$	Average Rectified Forward Current, .375 * lead length @ $T_A = 75^\circ\text{C}$				1.0				A
$I_{FSM}$	Non-repetitive Peak Forward Surge Current 8.3 ms Single Half-Sine-Wave				30				A
$T_{SJ}$	Storage Temperature Range				-55 to +175				$^\circ\text{C}$
$T_J$	Operating Junction Temperature				-55 to +175				$^\circ\text{C}$

\* These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

### Thermal Characteristics

Symbol	Parameter	Value	Units
$P_D$	Power Dissipation	3.0	W
$R_{JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	50	$^\circ\text{C}/\text{W}$

### Electrical Characteristics

$T_A = 25^\circ\text{C}$  unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Device							Units
		4001	4002	4003	4004	4005	4006	4007	
$V_F$	Forward Voltage @ 1.0 A				1.1				V
$I_T$	Maximum Full Load Reverse Current, Full Cycle $T_A = 75^\circ\text{C}$				30				$\mu\text{A}$
$I_R$	Reverse Current @ rated $V_R$ $T_A = 25^\circ\text{C}$ $T_A = 100^\circ\text{C}$				5.0				$\mu\text{A}$
$C_T$	Total Capacitance $V_R = 4.0 \text{ V}, f = 1.0 \text{ MHz}$				500				pF
					15				

กลุ่ม (เข้า-บ่าย) ๖๗ กลุ่มที่ ๔๐ ชั้นปี ๑ ห้อง \_\_\_\_\_  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์พงษ์

วันเดือนปี ๒๔ / ๐๓ / ๒๐๒๐.  
รหัส ๖๒๐๑๐๖๙๔ ชื่อ นาย กานต์.

