19. ทรานซิสเตอร์ (transistor)

19.1 การแสดงเส้นโค้ง I_C vs V_{CE} ของทรานซิสเตอร์

บทความ การแสดงเส้นโค้ง I_C vs V_{CE} ของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory,

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้แสดงเส้นโค้ง I_C vs V_{CE} ของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

Abstract

I_C vs V_{CE} curve of transistor was displayed with Turbo Pascal Program.

Key words : transistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล จำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

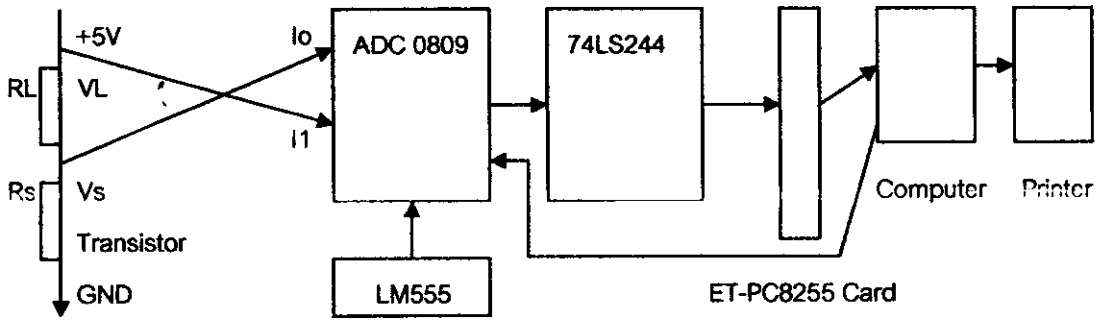
สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับอะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้

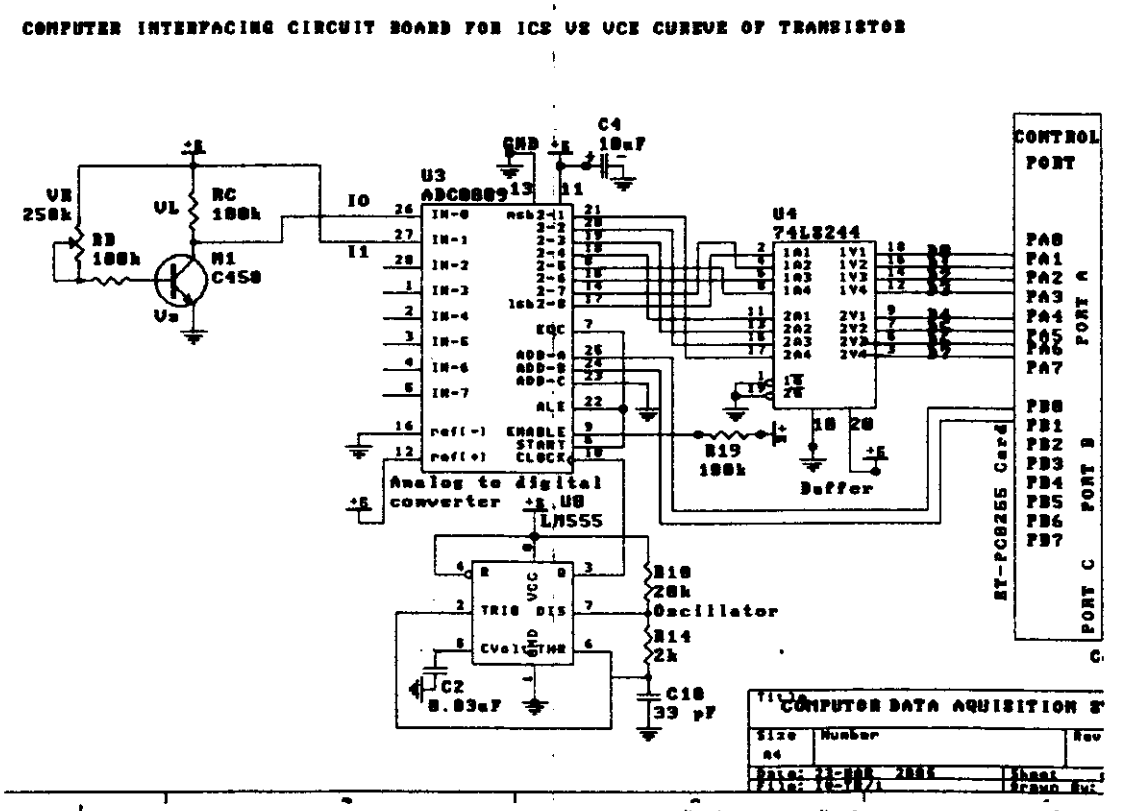
วิธีการทดลอง

ได้อาศัยเทคนิคการเขียนต่อด้วยคอมพิวเตอร์จากประสบการณ์และเอกสารทั่วไป (George C. Barney, 1988) มาดัดแปลง แล้วเขียนเป็นบลอคไดอะแกรมสำหรับแสดงเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

1) เขียนบลอคไดอะแกรม ประกอบวงจรและทดสอบจนใช้ได้ (รูปที่ 19.1.1)



รูปที่ 19.1.1(ก) บลอคไดอะแกรมสำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์



รูปที่ 19.1.1(ข) วงจรสำหรับให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์

2) เขียนโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์แสดงเส้นโค้งกระแสไฟฟ้าที่ขึ้นกับรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ มีรายละเอียดดังนี้

```
Program Current_versus_voltage_graph_for_transistor;
uses crt, graph;
var
        grdrv, grmode, grerror  : integer;
        ch                      : char;
const
        PA      = $0304;
        PB      = $0305;
```

```
      Pcontrol = $0307;
Procedure  axis;
var  p, q  : integer;
     tex : string;
begin
       grdrv := detect; initgraph(grdrv, grmode, 'C:\tp\bgi');
       setgraphmode(grmode);
       setcolor(15); line(50,50,50,305); line(50,305,300,305);
                     line(50,50,300,50); line(300,50,300,305);
       settextstyle(defaultfont, horizdir, 0);
       for p:=50 to 300 do
       if p mod 51 = 0 then
       begin
              line(p, 295, p, 305); str(-((((300-p) mod 5)-5), tex);
              outtextxy(p+50, 310, tex);
       end;
       setcolor(15); settextstyle(defaultfont, horizdir, 0);
       for q:=50 to 305 do
       begin
       if q mod 51 =0 then
              begin
                     line(45, q, 55, q); str((((305-q) mod 5)+1), tex);
                     outtexxy(20, q, tex);
              end;
       end;
 procedure  plot;
 var  j, k, x, y, DV1, DV2                    : integer;
      AV1, AV2, R, RL, Vs, VLs, VL, iL, Is, V, I  : real;
 begin
        setcolor(3); outtextxy(205, 11, 'Current vs Voltage Curve');
        setcolor(3); outtextxy(205, 18, '-------------------------');
        setcolor(5); outtextxy(50, 30, 'Current (mA');
        setcolor(5); outtextxy(310, 320, 'Voltage (V)');
        setcolor(5); outtextxy(48, 303, '*');
        Port[Pcontrol]:=$90;
        RL:=220; {ohm}
```

```
        for j:=1 to 100 do
        begin
          for k:=0 to 550 do
          begin
                port[PB]:=0  {Io}
                delay(100);
                DV1 := port[PA];  {Vs}
                AV1 := (5/255)*DV1;
                Vs:=AV1;
                V:=Vs;
                port[PB]:=1  {I1}
                delay(100);
                DV2 := port[PA];  {VLs}
                AV2 := (5/255)*DV2;
                VLs:=AV2;
                VL:=(VLs-Vs);
                IL:=VL/RL;
                Is:=IL;
                I:=Is*1000;  {mA}
                X:=round(50+(255/5)*V); y:=round(305-(255/50)*I);
                setcolor(15); line(x,y,x,y);
                delay(10)
           end;
        end;
  end;
begin
  repeat
        axis;
        plot;
        ch:=readkey;
  until ord(ch) = 27;
end.
```

3) สั่งให้เครื่องทำงาน

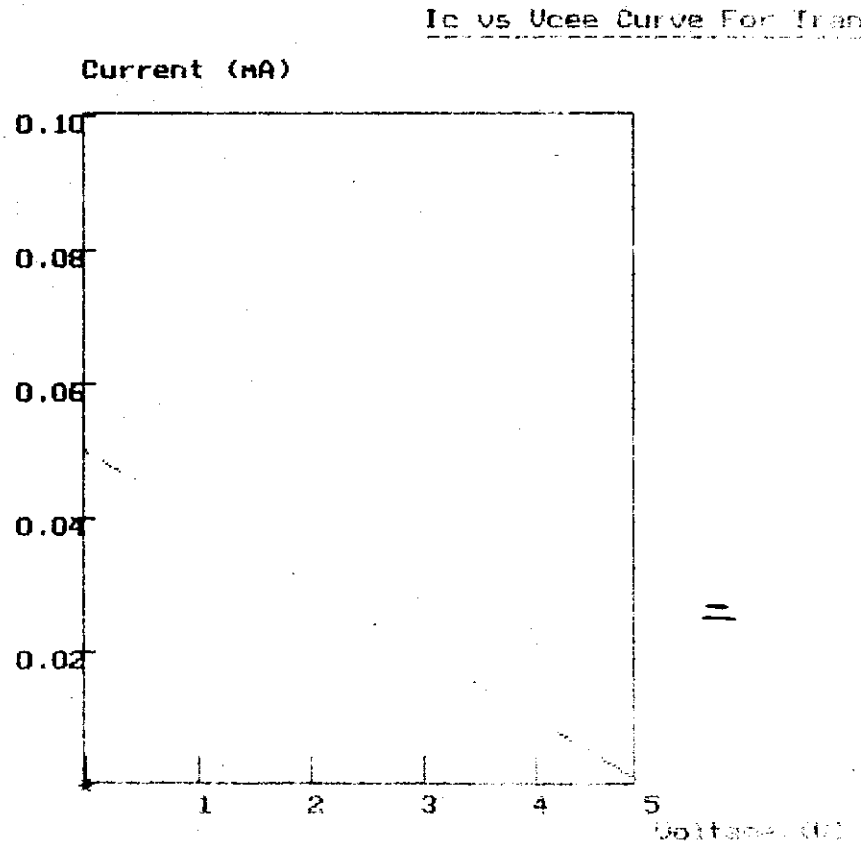
คอมพิวเตอร์จะส่งแรงดัน 0 V ออกทางพอร์ท B เพื่อให้ Io ทำงานและส่งแรงดัน 5 V ออกทางพอร์ท B เพื่อให้ I1 ทำงาน (ของ ET-PC 8255 card) แรงดัน Vs เข้าทางอินพุท Io และแรงดัน VLs เข้าทางอินพุท I1 ของ ADC 0809 เพื่อแปลงแรงดันอนาลอก (AV) ให้เป็นแรงดันดิจิตอล (DV) (LM555 ทำหน้าที่ควบคุมให้ ADC 8255 ทำงาน) ส่งผ่านบัฟเฟอร์

74LS244 และ พอร์ท A ของ ET-PC 8255 card แล้วเข้าคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะอ่านแรงดันดิจิตอลแล้วแปลงเป็นแรงดันอนาลอก แรงดันอนาลอก คือ Vs และ VLs ให้ Vs เป็น V แต่ VL=Vls-Vs IL=VL/RL ให้ IL เป็น I

5) ให้คอมพิวเตอร์แสดงกราฟ I vs V แล้วพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์

ผลการทดลอง

เส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ที่แสดงบนจอคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 19.1.2



รูปที่ 19.1.2 เส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ที่จอคอมพิวเตอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

เส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ชี้บอกสมบัติเชิงไฟฟ้า

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย Turbo Pascal สามารถแสดงเส้นโค้ง I_C vs V_{CE} ของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

เอกสารอ้างอิง

Charles Kittel, 1976, Introduction to Solid State Physics, 5th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York/Sydney/Toronto.

George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall, New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.

Stankovic, D., and Zlatanovic, M., 1994, A versatile computer controlled measuring system for recording voltage-current characteristics of various resistance sensors, Sensors and Actuators A: Physical, 1994, Vol 42 : 612-616.

บทความ การแสดงเส้นโค้ง I_C vs V_{CE} ของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., [2]Physics student, Materials Physics Laboratory,

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้แสดงเส้นโค้ง I_C vs V_{CE} ของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

Abstract

I_C vs V_{CE} curve of transistor was displayed with LabVIEW Program.

Key words : transistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล จำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับอะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

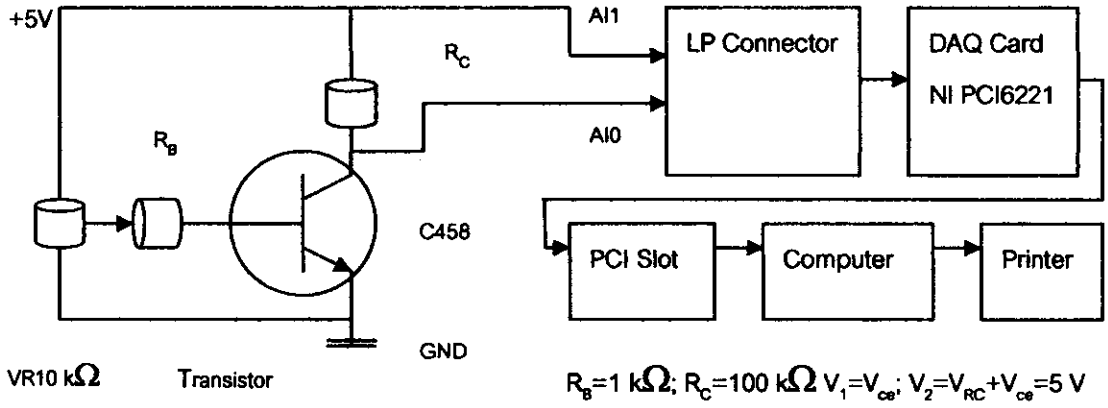
ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้

วิธีการทดลอง

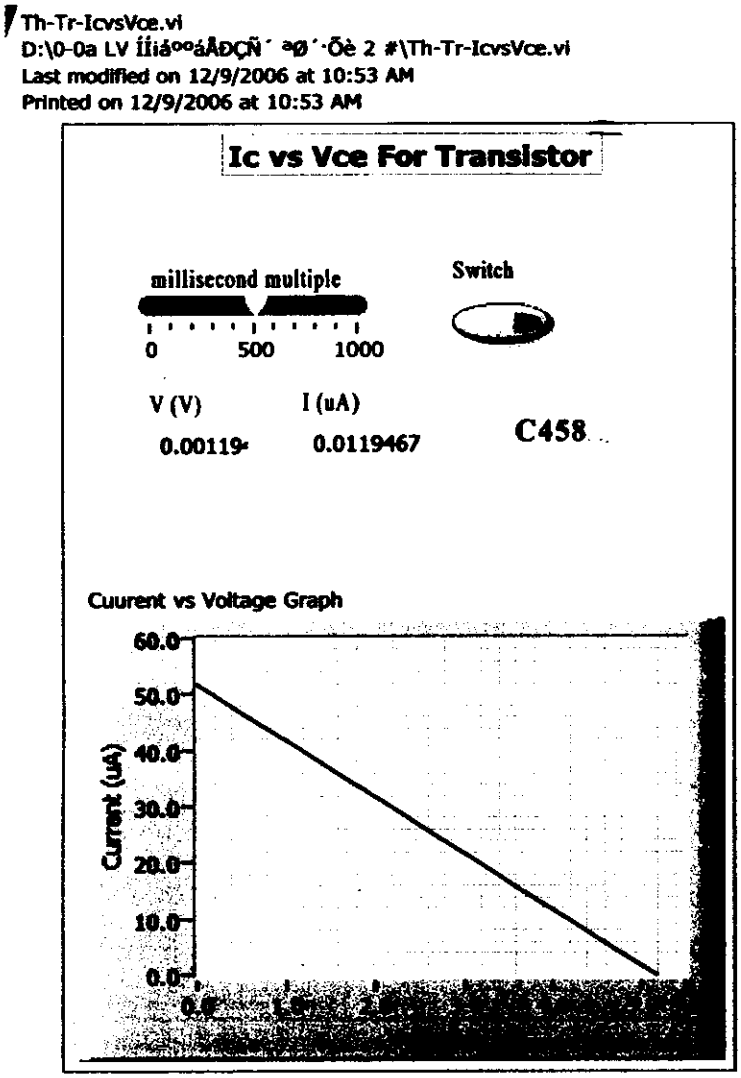
จัดวงจรดังรูปที่ 19.1.3 ให้แรงดันไฟฟ้า V1 และ V12 เข้า AI0 และ AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ คำนวณ V2=V12-V1; IC=I1=I=V2/100 kΩ; VCE=V2= แสดงเส้นโค้ง Ic vs Vce บนจอ

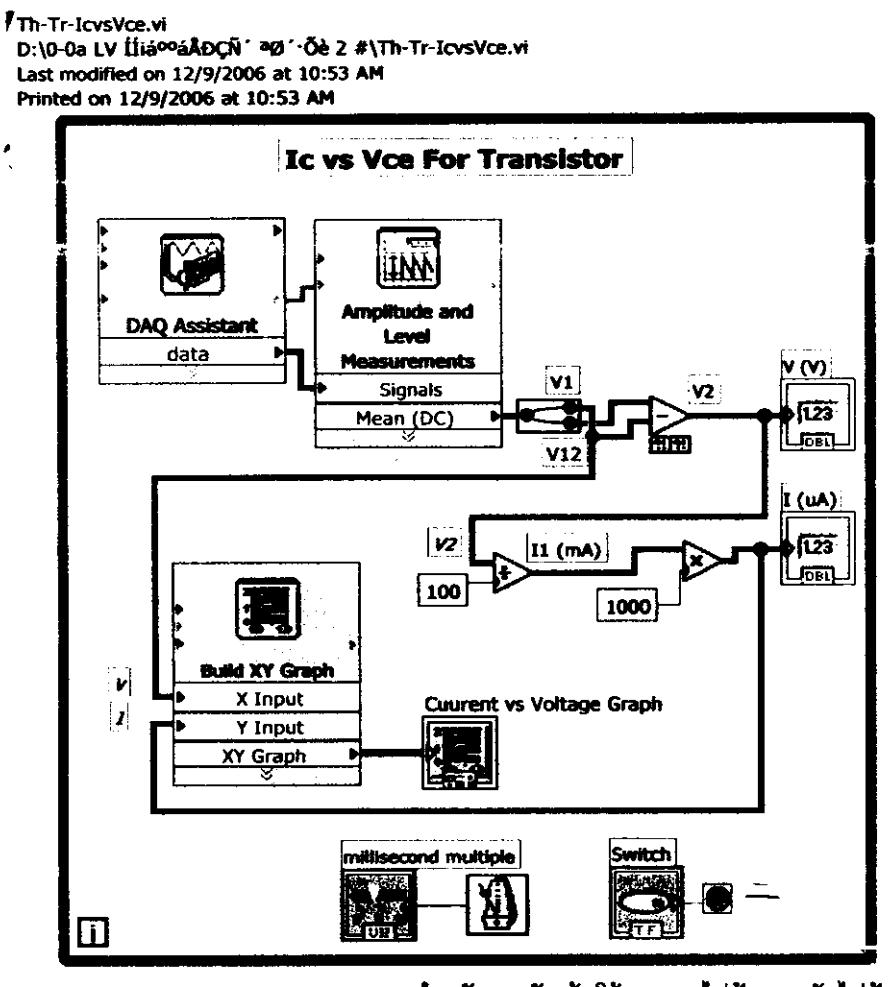
Front Panel และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 19.1.4 DAQ Assistant ทำหน้าที่อ่านแรงดันไฟฟ้า V1 และ V12 ส่งค่า V1 และ V12 ไปที่ Amplitude and Level Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ Mean (DC) ส่งมาที่ Split signal ซึ่งทำหน้าที่แยกแรงดันไฟฟ้าทั้งสองค่าออกจากกัน คำนวณ V2=V12-V1 ด้วย Substract แล้

แสดงผลด้วย Numeric Indicator คำนวณกระแสไฟฟ้า I1(mA) =V2/R2 R2=100 kΩ แปลงหน่วยของกระแสไฟฟ้าจาก mA มาเป็น μA ด้วย Multiply x1000 แสดงค่า I และ V ด้วย Numeric Indicator นำค่า I และ V ไปเขียนกราฟด้วย Build XY Graph Millisecond Multiple เป็นเวลาหน่วง Switch Button เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิทช์ While Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer



รูปที่ 19.1.4 การวัดเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ที่จอคอมพิวเตอร์





รูปที่ 19.1.4 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ที่จอคอมพิวเตอร์

ผลการทดลอง

ผลการวัดเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ที่จอคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 19.1.4

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการวัดเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์ชี้บอกสมบัติเชิงไฟฟ้า

สรุปผลการทดลอง

ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงผลการวัดเส้นโค้งกระแสไฟฟ้า-แรงดันไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์

เอกสารอ้างอิง

Charles Kittel, 1976, Introduction to Solid State Physics, 5th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York/Sydney/Toronto.

George C. Barney, 1988, Intelligent Instrumentation, 2nd edition, Prentice Hall, New York/London/Sydney/Toronto/Tokyo.

Stankovic, D., and Zlatanovic, M., 1994, A versatile computer controlled measuring system for recording voltage-current characteristics of various resistance sensors, Sensors and Actuators A: Physical, 1994, Vol 42 : 612-616.

19.2 การวัดอัตราขยายที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยนของทรานซิสเตอร์

บทความ การวัดอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยนของทรานซิสเตอร์ , ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory,

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้วัดอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยนของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล

Abstract

Voltage gain versus time as frequency changing of transistor was measured with Turbo Pascal Program.

Key words : transistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล จำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

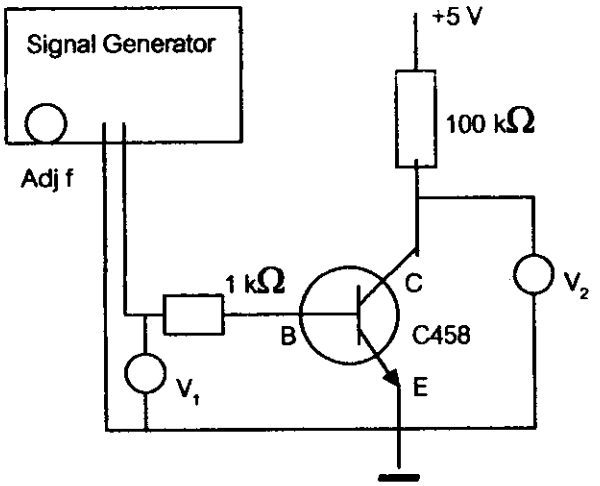
สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับอะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

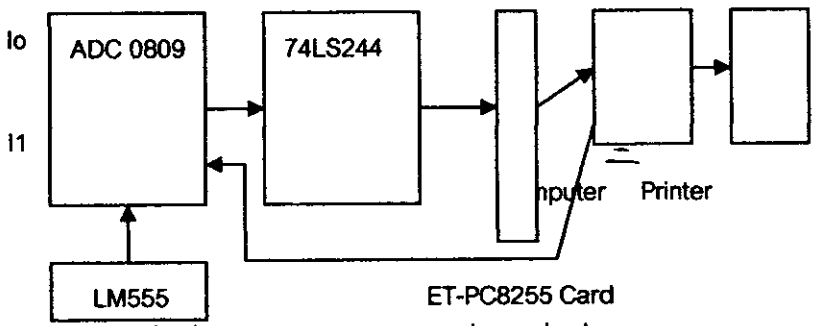
ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้

วิธีการทดลอง

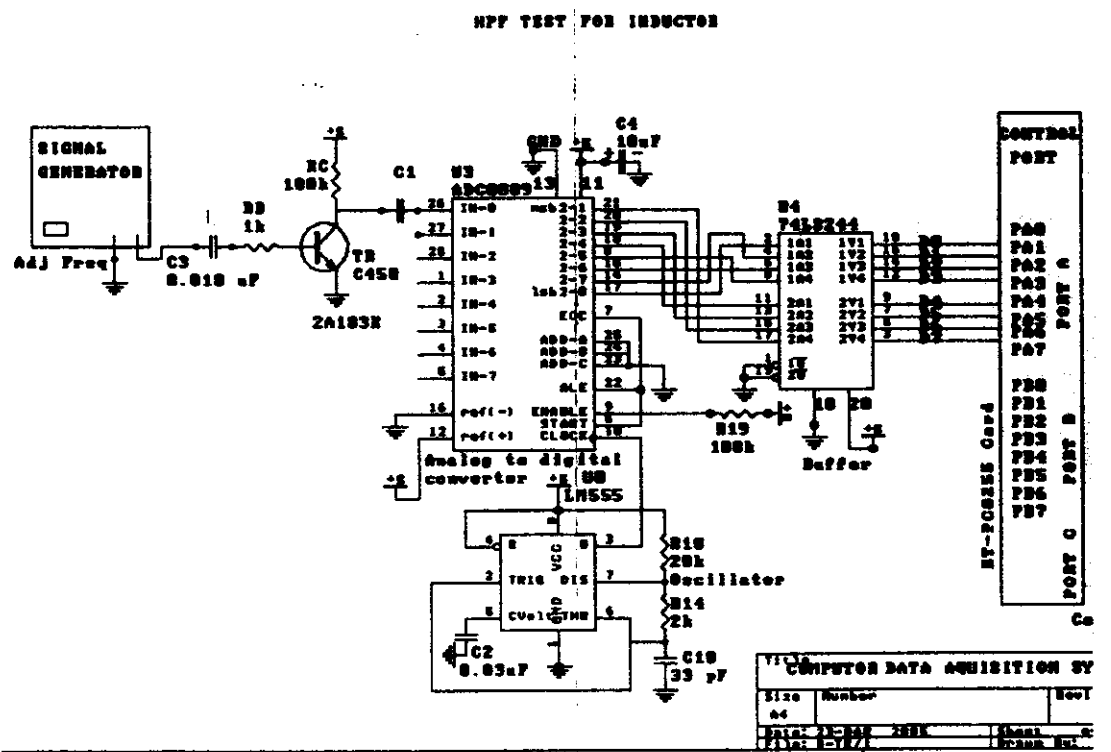
จัดการทดลองตามรูปที่ 19.2.1 จ่ายแรงดันไฟฟ้าตรงจาก DC Power Supply ไปยังทรานซิสเตอร์ ป้อนแรงดันไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเข้าขา B ของทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ขยายสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งออก

ทางขา C ใช้มัลติมิเตอร์ (Fluke 45) วัดแรงดันไฟฟ้าอินพุท V_1 และแรงดันไฟฟ้าเอาท์พุท V_2 ที่ความถี่ f เพิ่มความถี่แล้วบันทึกผลทั้งหมดลงในตารางที่ 1 คำนวณ Voltage gain (G) = V_2/V_1 นำค่าไปเขียนเส้นโค้ง G vs f พร้อมทั้งแสดงสมการด้วย EXCEL





รูปที่ 19.2.1(ก) การวัดอัตราขยายที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยน



รูปที่ 19.2.1(ข) วงจรสำหรับการวัดอัตราขยายที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยน

```
Program Voltage_vs_Time_as_frequency_change_Graph;
uses crt, graph;
var grdrv, grmode, grerror : integer;
    ch                     : char;
const PA       = $0304;
      Pcontrol = $0307;
        procedure axis;
        var p,q  : integer;
            tex  : string;
        begin
              grdrv:=detect ; initgraph(grdrv,grmode,'c:\tp\bgi');
              setgraphmode(grmode);
              line(50,50,50,305) ; line(50,305,600,305);
              line(50,50,600,50) ; line(600,50,600,305);
              settextstyle(defaultfont , horizdir,0);
              for p := 50 to 600 do
              begin
                 if p mod 32 = 0 then
                 begin
                    line(p+18, 295, p+18, 305); str(round(p/32-1),tex);
                    outtextxy(p+18, 320, tex);
                 end;
              end;
            settextstyle(defaultfont , horizdir,0);
            for q:= 50 to 305 do
            begin
              line(45,q,55,q)  ; str(((305-q) mod 5)+1, tex); outtextxy(20,q,tex)
            end;
          end;
      procedure plot ;
      var i, x, y, DV : integer;
          AV          : real;
      begin
        outtextxy(235,10, Voltage_vs_Time_as_frequency_change_Graph' );
        outtextxy(235,18, ---------- );
         outtextxy(50,30, Temperature (°C));
```

```
        outtextxy(540,340,time (s));
        outtextxy(48,303,'*');
        begin
          port [Pcontrol ]:=$90;
          for i:=0  to 550 do
          begin
              DV:=port[PA];
              AV:=(5/255)*DV;
              x:=j+50 ;  y:=305-DV;
              lineto(x,y);
            delay(30)
           end;
        end;
        readln;
       closegraph;
     end;
begin   (main)
  repeat
    axis;
    plot;
    ch:=readkey;
  until ord(ch) = 27;
end.
```

ผลการทดลอง

รูปที่ 19.2.2 การวัดอัตราขยายที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยนเส้นโค้ง (G vs t) ของทรานซิสเตอร์

วิเคราะห์ผลการทดลอง

การวัดอัตราขยายที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยนเส้นโค้ง (G vs t) ของทรานซิสเตอร์เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้า

สรุปผลการทดลอง

ได้วิธีการวัดอัตราขยายที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาในขณะที่ความถี่เปลี่ยน

เอกสารอ้างอิง

ดุสิต เครืองาม และคณะ คู่มือปฏิบัติการสิ่งประดิษฐ์อิเลคตรอนิคส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2525

ดุสิต เครืองาม โซลิดสเตทฟิสิกส์ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2535

Charles Kittel, 1976, Introduction to Solid State Physics, 5th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York/Sydney/Toronto.

19.3 การวัดอัตราขยายที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์

บทความ การวัดอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

ธงชัย พันธ์เมธาฤทธิ์

Thongchai Panmatarith

M.Sc. (Solid State Physics), Assoc. Prof., Materials Physics Laboratory,

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hat Yai, 90112 Thailand.

Corresponding e-mail : tongchai.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้แสดงการวัดอัตราขยายแรงดันไฟฟ้าที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์ด้วยโปรแกรมแลปวิว

Abstract

Voltage gain versus frequency of transistor was measured with LabVIEW Program.

Key words : transistor

คำนำ

สารกึ่งตัวนำบริสุทธิ์ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 เช่น Si และ Ge พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮลจำนวนอิเล็กตรอนกับจำนวนโฮลเท่ากัน สารกึ่งตัวนำไม่บริสุทธิ์มี 2 ประเภท คือ สารกึ่งตัวนำชนิด p และสารกึ่งตัวนำชนิด n พาหะไฟฟ้าเป็นอิเล็กตรอนและโฮล

สารกึ่งตัวนำชนิด p ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับ อะตอมของธาตุกลุ่ม 3 เช่น Si ผสมกับ B จำนวนอิเล็กตรอนน้อยกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน (E_g) เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

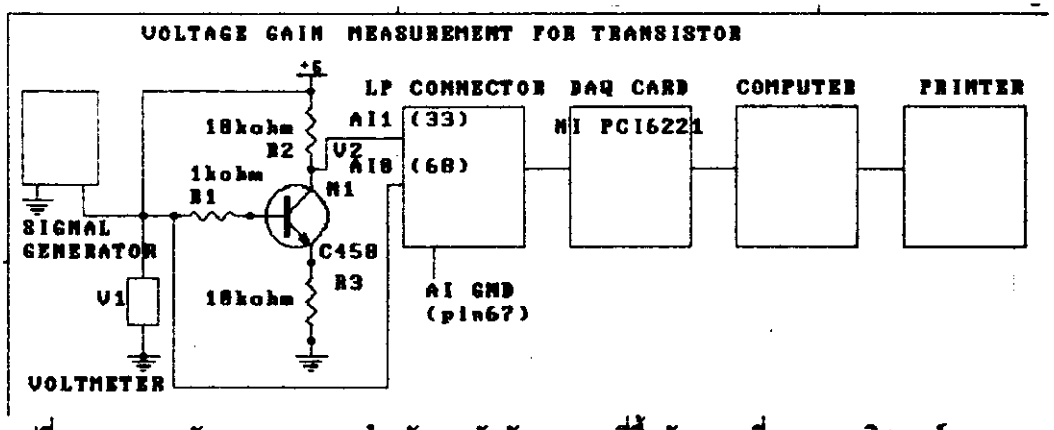
สารกึ่งตัวนำชนิด n ทำมาจากอะตอมของธาตุกลุ่ม 4 ผสมกับอะตอมของธาตุกลุ่ม 5 เช่น Si ผสมกับ As จำนวนอิเล็กตรอนมากกว่าจำนวนโฮลเท่ากัน ความต้านทานไฟฟ้าของสารจะขึ้นกับปริมาณอิเล็กตรอนกับโฮลและช่องว่างแถบพลังงาน เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อิเล็กตรอนจากแถบวาเลนซ์ย้ายไปยังแถบการนำมีโฮลเกิดขึ้นในแถบวาเลนซ์ อิเล็กตรอนและโฮลที่เกิดขึ้นทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าในขณะที่สารได้รับสนามไฟฟ้าจากภายนอก

ทรานซิสเตอร์ทำมาจากสารกึ่งตัวนำชนิด p ต่อกับสารกึ่งตัวนำชนิด n ทรานซิสเตอร์มี 2 แบบ คือ แบบ PNP และแบบ NPN ทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณไฟฟ้าและทำหน้าที่เป็นสวิทช์ เมื่อนำทรานซิสเตอร์ไปต่อกับอุปกรณ์อื่นๆก็จะได้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า เกท (gate) ได้

วิธีการทดลอง

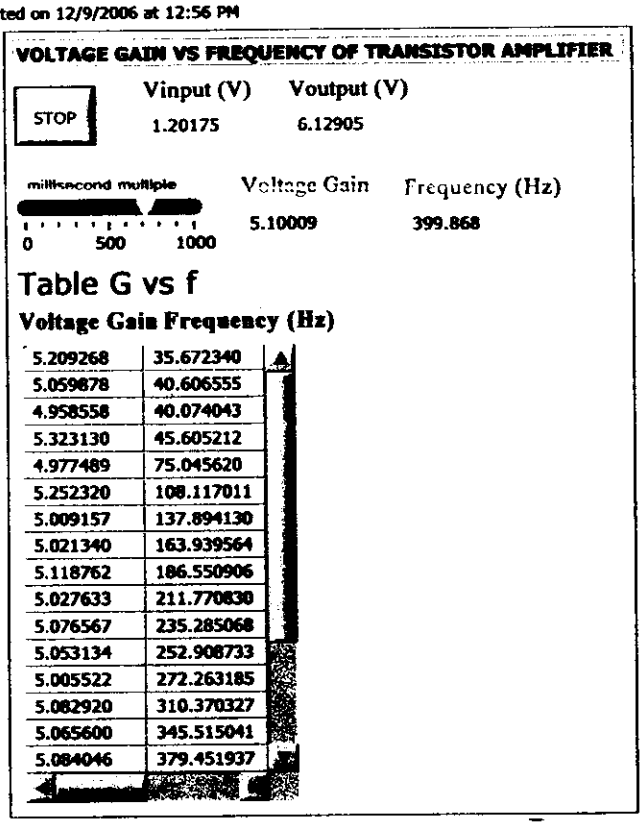
จัดวงจรดังรูปที่ 19.3.1 ปล่อยแรงดันไฟฟ้า V1 จากเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าเข้าขา B ทรานซิสเตอร์ขยายแรงดันไฟฟ้านี้ซึ่งได้ค่า V2 แล้วส่งออกทางขา C ให้แรงดันไฟฟ้า V1 และ V12 เข้า AI0 และ AI1 ของ LP connector ผ่าน DAQ Card (PCI 6221) เข้าไปในคอมพิวเตอร์ คำนวณอัตราขยายแรงดันไฟฟ้า (A) ที่ความถี่ f ต่างๆ

Front Panel และ Block Diagram แสดงดังรูปที่ 19.3.2 DAQ Assistant จัดการเกี่ยวกับการรับแรงดันไฟฟ้า V1 และ V2 มาเข้าที่ Absolute Value เพื่อทำให้ค่าเป็นบวก ส่งค่าไปที่ Amplitude and Level Measurements ทำหน้าที่จัดปริมาณการวัดเป็นแบบ Rms ส่งมาที่ Split signal ซึ่งทำหน้าที่แยกแรงดันไฟฟ้าทั้งสองค่าออกจากกัน นำแรงดัน V1 และ V2 หารกันด้วย Divide ก็จะได้อัตราขยายแรงดันไฟฟ้า (voltage gain, G) ส่งค่า G ไปที่ Merge Signal นำแรงดันที่ผ่าน Absolute Value มาเข้าที่ Tone Measurement เพื่อวัดความถี่ f โดยแสดงผลด้วย Numeric Indicator ส่งค่า f ไปที่ Merge Signal ค่า G และ f จาก Merge Signal จะมาเข้าที่ Build Table เพื่อแสดงกราฟของ G vs f ด้วย Table นี้ Millisecond Multiple เป็นเวลาหน่วง Stop Button เป็น numeric control ทำหน้าที่เปิดปิดสวิทช์ For Loop ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่ซ้ำๆกัน สั่ง RUN เพื่อแสดงผลทั้งหมด สั่งพิมพ์ Front Panel และ Block Diagram ออกทาง Printer

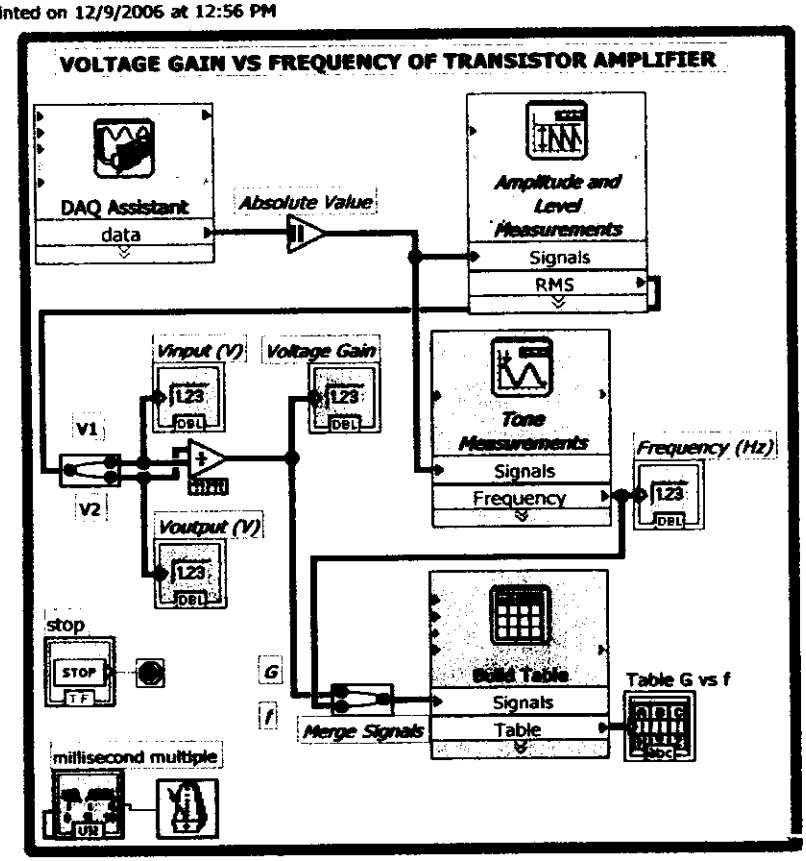


รูปที่ 19.3.1 การจัดชุดการทดลองสำหรับการวัดอัตราขยายที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์

Th-Tr-Voltage Gain vs f-OK.vi
D:\0-0a LV ÍÍíá°°áÅÐÇÑ´ ªØ´·Õè 2 #\Th-Tr-Voltage Gain vs f-OK.vi
Last modified on 12/9/2006 at 12:56 PM
Printed on 12/9/2006 at 12:56 PM



Th-Tr-Voltage Gain vs f-OK.vi
D:\0-0a LV ÍÍíá°°áÅÐÇÑ´ ªØ´·Õè 2 #\Th-Tr-Voltage Gain vs f-OK.vi
Last modified on 12/9/2006 at 12:56 PM
Printed on 12/9/2006 at 12:56 PM



รูปที่ 19.3.2 Front Panel และ Block Diagram สำหรับการวัดอัตราขยายที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์

ผลการทดลอง

ผลการวัดอัตราขยายที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์แสดงดังรูปที่ 19.3.2

วิเคราะห์ผลการทดลอง

ผลการวัดอัตราขยายที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์จะเป็นข้อมูลสำหรับใช้พิจารณาความถี่ใช้งานที่เหมาะสมของทรานซิสเตอร์

สรุปผลการทดลอง

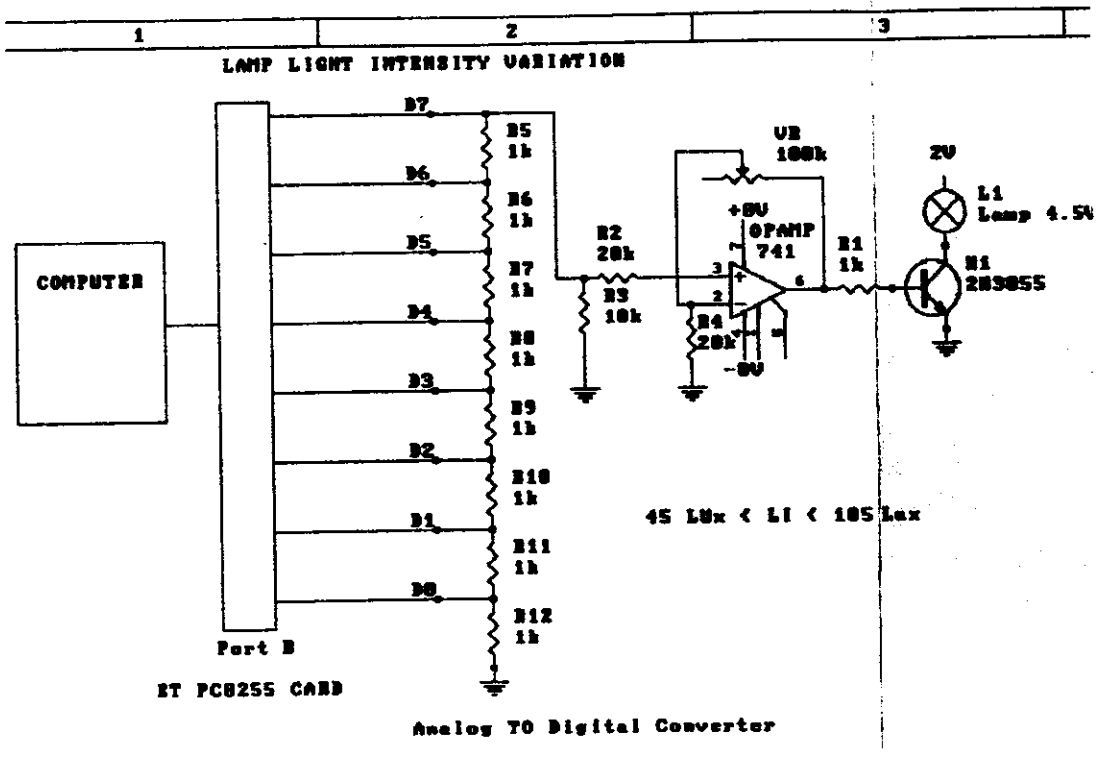
ระบบเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมด้วย LabVIEW สามารถแสดงผลการวัดอัตราขยายที่ขึ้นกับความถี่ของทรานซิสเตอร์

เอกสารอ้างอิง

Charles Kittel, 1976, Introduction to Solid State Physics, 5th edition, John Wiley & Sons, Inc., New York/Sydney/Toronto.

19.4 การแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกสำหรับควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า

การศึกษาการแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกสำหรับควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้าทำได้โดยการให้คอมพิวเตอร์ส่งแรงดันดิจิตอลที่แปรค่าได้ออกทางพอร์ท B ของ ET-PC8255 card มายังวงจรแปลงแรงดันดิจิตอลเป็นแรงดันอนาลอก (DAC circuit) ส่งต่อไปยังออพแอมป์ 741 เพื่อขยายแรงดันไฟฟ้านี้แล้วส่งมายังขา B ของทรานซิสเตอร์ 2N3055 เพื่อขับหลอดไฟฟ้าขนาด 4.5 V ขณะที่แรงดันไฟฟ้าที่คอมพิวเตอร์ส่งออกมาเปลี่ยนแปลง ความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้าก็จะเปลี่ยนแปลง โปรแกรมที่ควบคุมการทำงานเป็นโปรแกรมเทอร์โบปาสคาล V7.0



โปรแกรมสำหรับการแปลงดิจิตอลเป็นอนาลอกสำหรับควบคุมความเข้มแสงของหลอดไฟฟ้า

โปรแกรม การแปลงแรงดันดิจิตอลเป็นแรงดันอนาลอก

```
Program Digital_Analog_Conversion_2549;
Uses crt, graph;
Var
        Grdrv, grmode, grerror : integer;
        Ch                     : char;
Const   PA       = $0304;
        PB       = $0305;
        Pcontrol = $0307;

        Procedure axis;
        Var p,q : integer;
            Text : string;
        Begin
                Grdrv : = detect; initgraph(grdrv, grmode, 'c:\tp\bgi');
                Setgraphmode(grmode);
                Setcolor(15); line(50,50,50,305); line(50,305,600,305);
                              line(50,50,600,50); line(600,50,600,305);
                settextstyle(defaultfont), horizdir,0)
                for p:=50 to 600 do
                begin
                if p mod 32 = 0 then
                        begin
                                line(p+18,295,p+18,305); str(round(p/32-1),tex);
                                outtextxy(p+18,320,tex);
                        end;
                setcolor(15); settextstyle(defautfont, horizdir,0);
                for q:=50 to 305 do
                begin
                if q mod 51 = 0 do then
                        begin
                                line(45,q,55,q); str(((305-q) mod 5)+1,tex);
                                outtextxy(20,q,tex);
                        end;
                end;
        end;
```

```
end;
procedure plot;
var i,x,y,DV    : integer
    AV          : real;
begin
        setcolor(3); outtextxy(175,10,'DIGITAL TO ANALOG CONVERSION 2549):
        setcolor(3); outtextxy(175,18,'----------------------------------------------------'):
        setcolor(5); outtextxy(50,30,'Voltage (V'):
        setcolor(5); outtextxy(540,340,'Time (s)'):
        setcolor(5); outtextxy(48,303,'"):
        port[Pcontrol]:=$90;
        For i:=0 to 255 do
        Begin
                i:=0;
                repeat
                        Port[PB]:=i;
                        Delay(15);
                        X:=i+50; y:=255-i+50;
                        line(x,y,x,y);
                        Delay(100);
                        i:=i+5
                Until i = 255
        End;
        For i:=255 to 510 do
        Begin
                i:=255;
                repeat
                        Port[PB]:=(510-i);
                        Delay(15);
                        X:=i+50; y:=-(255-i)+50;
                        line(x,y,x,y);
                        Delay(100);
                        i:=i+5
                Until i = 510
        End;
End;
```

```
        Readln;
        Closegraph;
Begin
        repeat
                axis;
                plot;
                ch:=readkey;
        until ord(ch) = 27;
End.
```