

The

# Intelligent Curve Tracer

## User Manual

### V3.5.1<sup>TW</sup>

Author: Erikov W.

Manual Version: V351TW011

Hardware Version: V2019 V100

Software Version: V3.5.1 TW

## Preface:

Intelligent Curve Tracer (ICT)是由 Lozky\_Z 所開發的第三代半導體測量系統(2019 年版)，可執行包含電晶體曲線追蹤(Curve Tracing)、I-V 曲線繪製(I-V Curve Plotting)、自行編程量測(User-Programed Scripts Testing)以及未知帶測物測量(XYZ Unknow-Part Testing)等功能。

此系統包含 Lozky\_Z 所提供之成品硬體以及 PC 端測量/設置軟體。

The Intelligent Curve Tracer (ICT) 2019 is developed by Locky\_Z, which can perform multiple functions including curve tracing, I-V plotting, user-defined scripts testing and the XYZ testing.

The system is composed of the hardware made by Locky\_Z and its corresponding PC softwares.

軟體 V3.5.1 TW 是基於 2019 年由 Locky\_Z 發布的 V3.51 版本所做出的修訂以及編整，主要提供予臺灣的繁體中文者。由於語言設定問題，V3.5.1 TW 採用多數英文搭配少數繁體中文為介面語言；原作者的 V3.5 具有英文以及簡體中文兩種語言選項，但是簡體中文在臺灣區的作業系統下會顯示為亂碼，且原作者說明如果要提供繁體中文則改動過多，此問題因此無法解決。

是故，為提供臺灣區使用者以及日後英語使用者方便，本作者 Erikov W. 以英文版為基礎，進行翻譯文法修正、錯誤校正、統一用語等修改，並最大限度地保留繁體中文部分，因此介面語言為英文與繁體中文混和。由於改動稍大，因此命名為 V3.5.1 TW，並且大幅度修訂此使用者手冊，裨益繁體中文使用者能快速理解原理並操作系統。

The software version 3.5.1 is based on what Locky\_Z has published in 2019, and it was then translated, modified and debugged into international version written in English, which is done by Erikovsky W.

Erikov W. 2019.12.28

### 檔案名稱說明：

ads7871_v3s.exe	圖示儀主程式
CH341_DRIVER.exe	USB 通訊驅動程式。
ads7871_v3s.pre	保存測量條件的檔案
Example Script	資料夾裡的是使用腳本(Scripts)測量的範例檔。

### Note

ads7871\_v3s.ini 是保存圖示儀校正參數檔，由於每台機器的硬體參數檔不同；因此下載程式後，需要按手冊中的“首次運行”章節進行一次軟體設置與校正，以便將參數保存在這個 ads7871\_v3s.ini 裡面。假如你帶圖示儀到別的電腦上用，連同此 ini 檔一起複製過去，便不需再進行校正與配置了。

The ads7871\_v3s.ini is a file that storages the parameters of each hardware. After downloading the software package, check out the user manual and follow the instruction to setup and calibrate the hardware. Since all the various parameters are saved in this file, it is no longer necessary to setup/calibrate again; just copy the file to the PC being used.

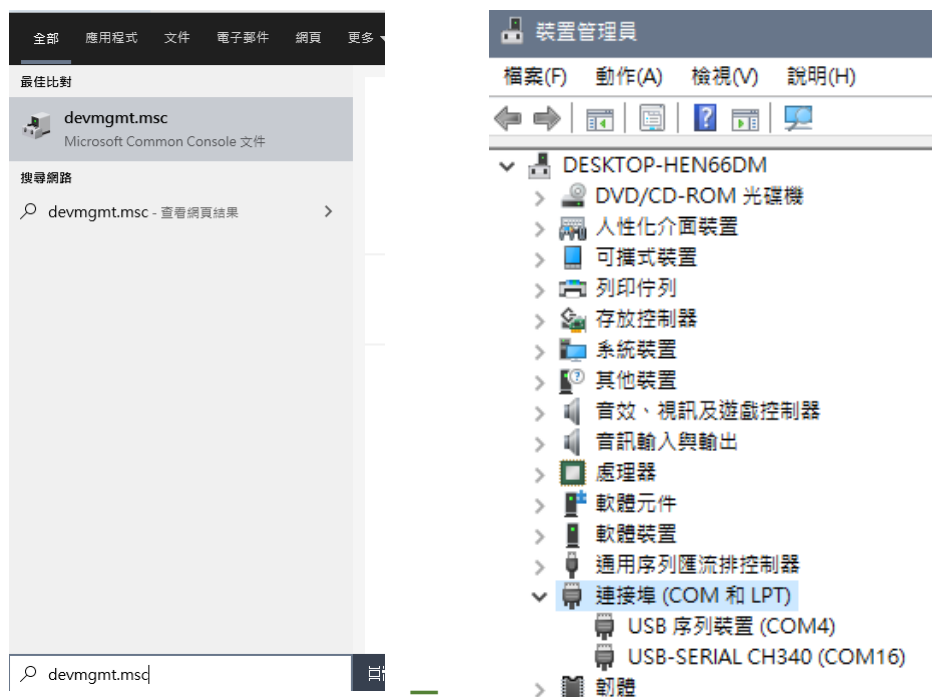
## 首次運行

### 一、安裝 USB 驅動程式

圖示儀和 PC 通訊採用 USB 轉序列協議，因此需要安裝 USB 驅動（Windows 10 作業系統下可以不用安裝），執行內建驅動程式 CH341SER.EXE，按兩下該程式完成 USB 驅動安裝。

接著 USB 連接圖示儀與 PC。由於 USB 連接埠編號會隨著使用環境不同、接口不同而有變化，為確保通訊正常，需按照以下步驟取得通訊埠 (COM Port) 的編號。

Windows 10 系統中搜尋欄輸入“devmgmt.msc”以“啟動裝置管理員”，在“連接埠 (COM 和 LPT)”下拉清單中找到“USB-SERIAL CH340”，並以此確認其通訊埠編號，以下圖為例是 COM16，記住此編號。



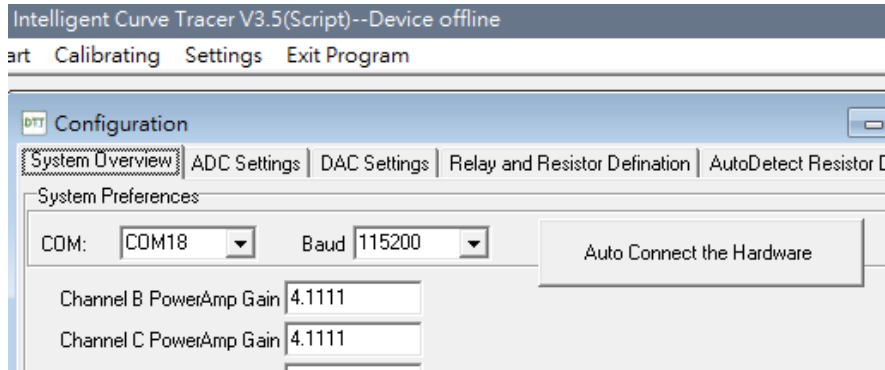
二、

### 軟體配置與校正

## 1.COM 通信埠設置

USB 驅動正常後，運行 ads7871\_v3s.exe 即圖示儀主程式，但開始測量前，需要先設置軟體參數。選擇主功能表<Settings> -> <Configuration>

出現系統參數設置(Configuration)視窗



點擊“Auto Connect the Hardware”按鈕，程式會自動搜索所有 COM port，

找到之後會顯示”Parameter have get from Device”，表示連接成功，並且已經從 MCU 中載入了參數。同時 Com Port 和 Baud 下拉清單會自動改為此時的 COM 序和 Baud Rate。然後點一下‘Save’保存一下，下次即可再搜索 COM port。

但假如換過 USB 介面，系統 COM 口就會有變化，因此運行程式前需要再點一次“Auto Connect the Hardware”並保存，以便更新 COM 編號

。

Perference 視窗其他內容出廠時已經配置好，因此不用設置，通常這 5 個標籤頁內容如下

**Configuration**

System Overview | **ADC Settings** | DAC Settings | Relay and Resistor Definition | AutoDetect Resistor Define

System Preferences

COM: COM18 Baud 115200 Auto Connect the Hardware

Channel B PowerAmp Gain 4.1111

Channel C PowerAmp Gain 4.1111

Channel E PowerAmp Gain 4.1111

Voltage Drop(sink) 2.5

Voltage Drop(source) 1.3

Relay Control Auto

ADC Avg Times 10 times Language English

Save

1.Voltage Drop(sink / source) means:  
The Dropped Voltage values while the Amps are sinking/sourcing 3A.

2. Larger <ADC Avg> takes longer time, but also improves the precion of measurements.

**Configuration**

System Overview | **ADC Settings** | DAC Settings | Relay and Resistor Definition | AutoDetect Resistor Define

ADC Channel Define

VE Channel 11(Pin4)

VBH Channel 8(Pin1)

VCH Channel 12(Pin5)

VBE Channel 1(Pin3+ Pin4-)

VCE Channel 3(Pin7+ Pin8-)

VRB Channel 0(Pin1+ Pin2-)

VRC Channel 2(Pin5+ Pin6-)

Save To EEPROM

IF saving to EEPROM success,  
You must restore jump to :  
"Out Vref" and Normal position

ADC Vref

4.8 Read

Vref jump select "Inter Vref"  
Set SW3 to Vref

ADC Multiple

8.6 Read

Vref jump select "Out Vref"  
Set SW3 to Normal  
Set Sw4 to Vref

Warning: Pre-Set Parameters, don't change unless indicated

\*\*\*此版本傳回之 ADC/DAC 讀值皆無效，原作者未修正，因此並非異常。

Configuration

System Overview | ADC Settings | **DAC Settings** | Relay and Resistor Definition | AutoDetect Resistor Define

DAC Vref:

DAC Vref = ADC out Vref

Base Mix Channel

Primary Channel:  Mixing ratio:

Second Channel:

Collect Mix Channel

Primary Channel:  Mixing ratio:

Second Channel:

Emitter Mix Channel

Primary Channel:  Mixing ratio:

Second Channel:

Warning: Don't change Pre-set tparameters unless necessary

\*\*\*此版本傳回之 ADC/DAC 讀值皆無效，原作者未修正，因此並非異常。

Preferences

System | ADC参数设置 | DAC参数设置 | **继电器及量程电阻定义** | 类型检测电阻定义

基极电阻及控制定义

RB0: 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☐ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

RB1: 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

RB2: 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

RB3(default): 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

集电极电阻及控制定义

RC0: 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

RC1: 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

RC2: 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

RC3(Default): 阻值(欧)  b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

恒流模式定义

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

校正模式定义

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒ ☒

继电器'位'测试

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0 ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ 00

b7~b0 设置为灰色，表明这些位不是控制位

Preferences

System | ADC参数设置 | DAC参数设置 | 继电器及里程电阻定义 | 类型检测电阻定义

1. 首先填入RX1 至 RX3的阻值

RX1 470 RX2 56000 RX3 680000

2. 短接测试端子X Y Z, 并按'校正'按钮

校正

RY1 465.97 RY2 56000 RY3 678671.88

RZ1 467.98 RZ2 55890.63 RZ3 678671.88

Save To EEPROM

## 2. 輸出電壓校正

功能表->校正->電壓校正裡面的'輸出電壓校正'標籤頁

电压校正

电压系数校正 輸出电压校正

	设定值	实测值	校正系数
B 通道			
C 通道			
E 通道			

开始校正 保存

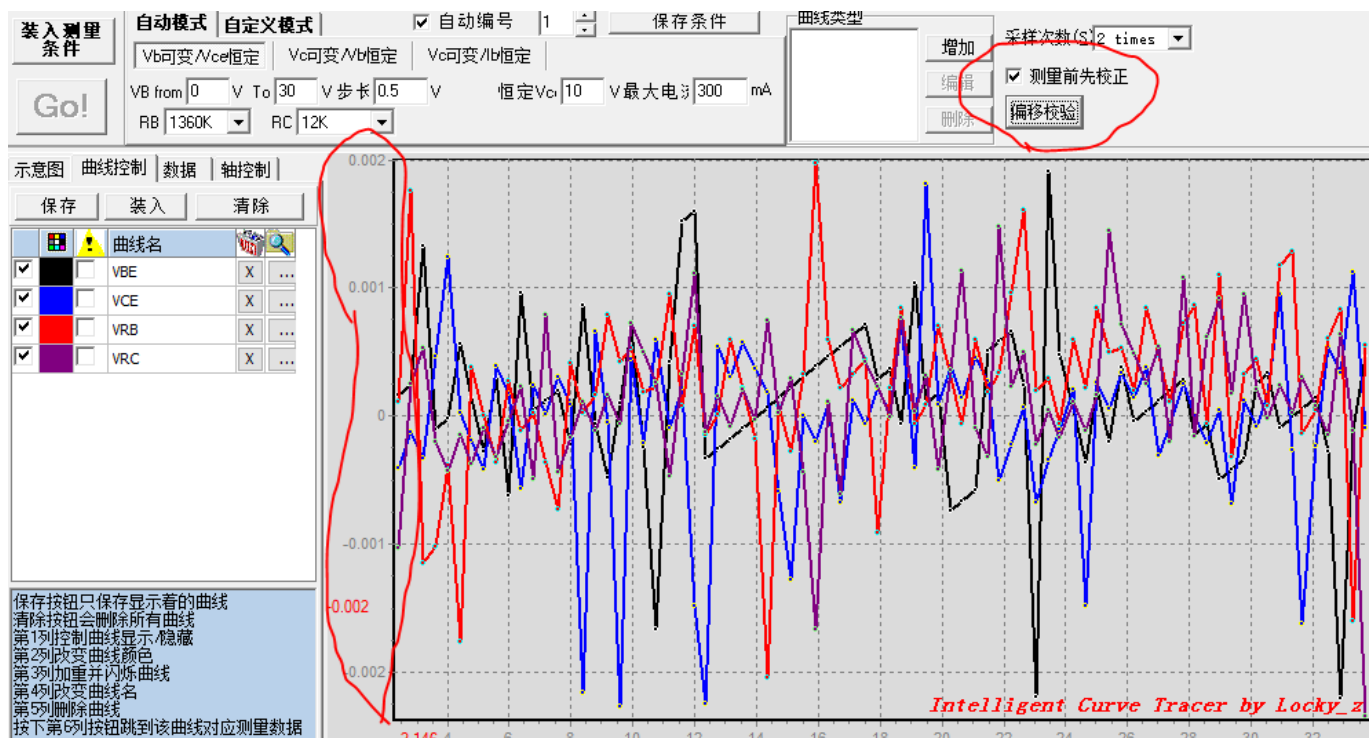
这项校正主要用于校正BCE 3个通道的输出电压系数

點擊開始校正，系統會測出 B/C/E3 個輸出通道的校正係數，正常情況下應該接近 1 附近，假如偏差超過 10%，有可能有故障。然後點<SAVE>。

## 3. 電流校正

校正電流前，要先進行系統偏移校正(Offset Test)，

步驟：<Start>-><Curve Tracing>



勾選中‘測量前先校正’選項，然後點<Offset Test>系統會讀出 4 個通道的 0V 電壓偏移量，如上圖。一般來說這些偏移量應該在正負 0.005mV 以內；假如超出這範圍，代表可能有硬體元件性能不良或損壞。

偏移校正完成之後，繼續下面步驟：

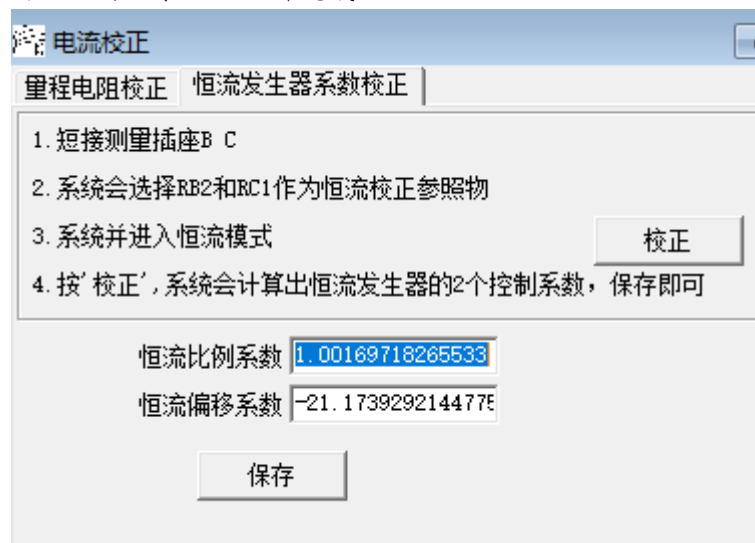
用導線短路測量插座中標著 B 和 C 插座（測量插座有好幾個 BCE, 只要同標識字母線路上都是相通的，只要任意兩個 B 和 C 短路就可以）

然後選擇功能表：校正 - 》電流校正 - 》“量程電阻校正”標籤頁。出廠時，正常會預設 RB0:500 歐 / RB1:6K / RB3:1360K / RC2:1K / RC3:12K 等為基準電阻，因此校正時，先勾選 RB0/RB1/RB3/RC2/RC3 這 5 個選項。然後點擊“校正”，則系統會讀出 RB2:91K / RC0:5 歐 / RC1:75 歐這 3 個量程電阻的偏差係數作為校正依據。再點擊<SAVE>即完成。

#### 4. 恒流發生器係數矯正

同樣先用導線短路測量插座中標著 B 和 C 插座

選擇功能表：校正-》電流校正-》“恒流發生器係數校正”。點擊“校正”系統會校正出恒流比例係數以及恒流偏移係數。再點擊<SAVE>即完成。



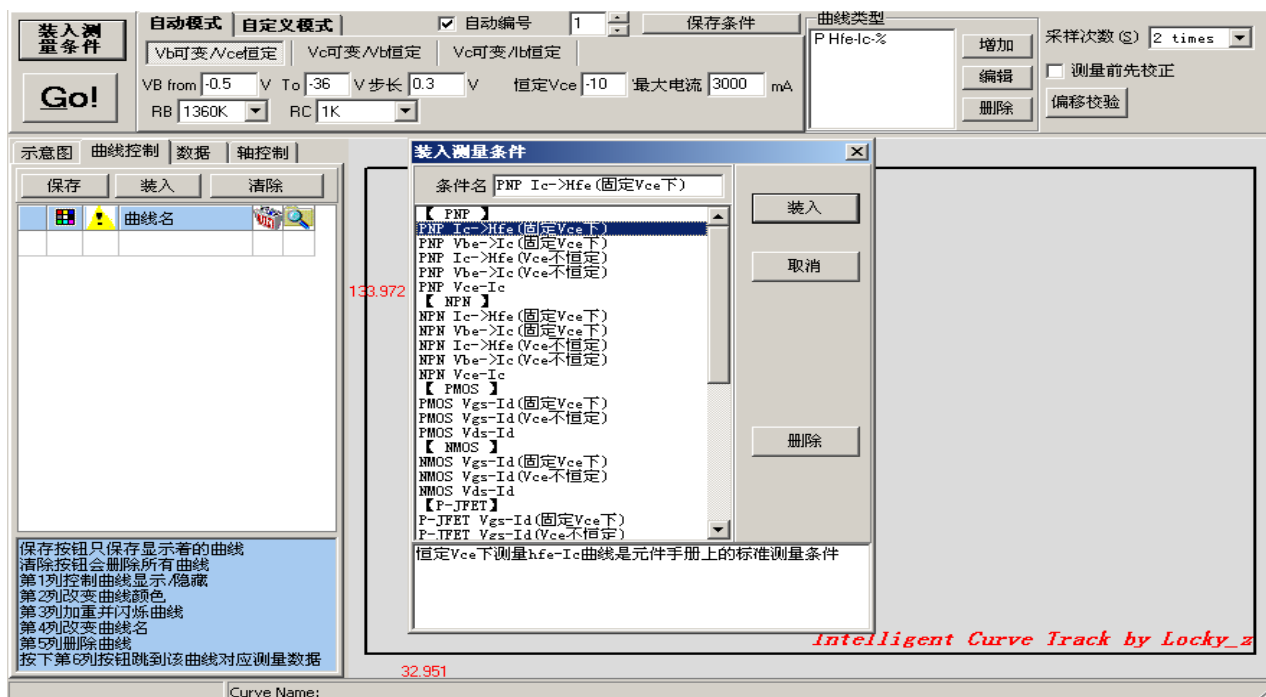
關閉電流校正視窗時，會偶然出現錯誤視窗，並有可能退出程式，這種錯誤可以忽略，重新運行 ads7871\_v3s 即可，且不需重新校正。

現在，圖示儀已校正且配置好，參數已經儲存在 ads7871\_v3s.ini 這個檔案裡面，所有校正程序完成！



# 快速上手 -- 曲線測量

進入程式，出現如下介面，介面上部分是測量參數的設置。如果你懂得條件設置的原理，你可以直接設置相應的測量條件進行測量，如果不熟悉的話，可以點擊“裝入測量條件”按鈕，從系統預定義好的測量條件中選擇合適的測量條件裝入即可。

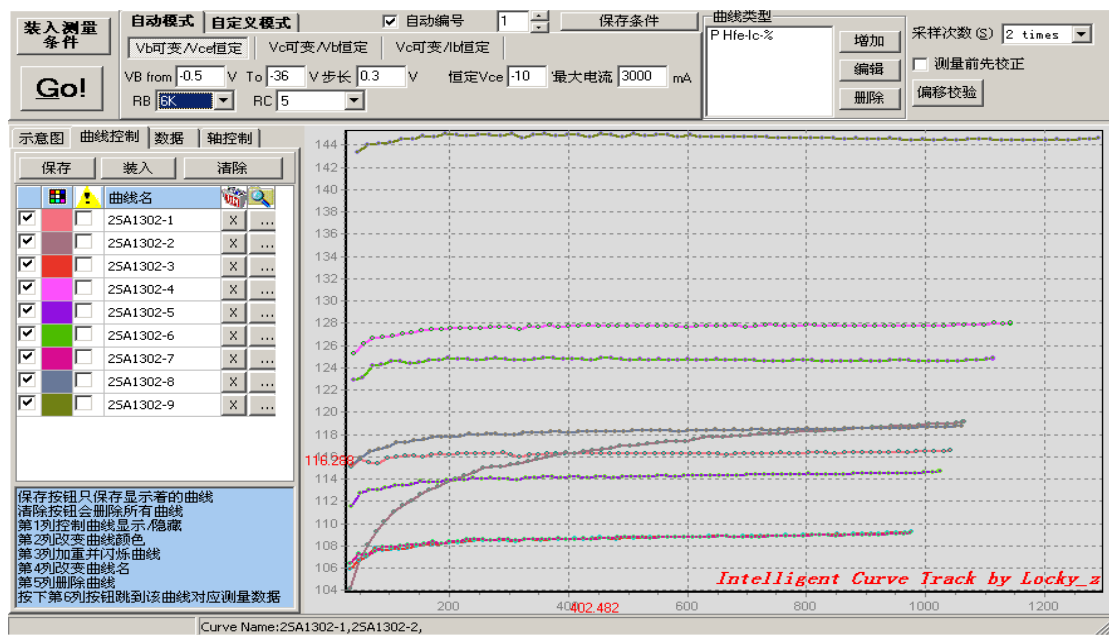


例如測量 PNP 功率管 2SA1302，選定“PNP Ic->Hfe(固定 Vce 下)”，裝入，此時看到的測量條件如上圖。

然後，在測量板的測量插座上，按照正確的管腳排列插到對應插座上。

插座上雖然有很多個位置，但所有具有相同標識插孔都是相連的，因此實際上只有 3 種插孔，分別是 B、C、E，分別基極、集電極和發射極。你必須瞭解需要測量管子的管腳排列以便選擇一個合適的插孔來測量。如果管腳插錯，就不能測出正確的曲線。

裝入條件後“Go！”按鈕也變成允許，點擊“Go”，就可以測出曲線。測量結束後，曲線顯示區域就顯示該曲線，集電極電流 Ic(mA)是 X 座標，Hfe 是 Y 座標。並且狀態列也會顯示此次測量的時間(毫秒)。



測量結束後，右邊的曲線顯示區域會顯示該曲線，左邊的標籤頁會自動跳到“曲線控制”頁。



在“曲線控制”頁，第一欄的勾控制該條曲線是否顯示/隱藏。

按兩下第二欄的顏色塊，可以改變曲線的顏色。

勾選第三欄的勾，可以加亮並閃爍該曲線。

第四欄是曲線名字，可以直接用滑鼠和鍵盤進行修改。

第五欄的“X”按鈕是刪除該條曲線

點擊第六欄的“...”按鈕，會跳到該曲線關聯的資料表格上。

點擊“保存”可以將測出來的所有**非隱藏**的曲線保存為一個.cuv文件。點擊“裝入”按鈕能裝入以前的測量結果一起對比。點擊“清除表格資料”會刪掉所有的資料。

介面左邊除了曲線控制標籤頁，還有“資料”標籤頁，用於存放測出來的所有資料，在資料表格中，你可以點擊資料表格進行資料修改、按兩下某一行的序號可以刪除該行、右擊資料可以將資料複製到剪貼板，或者以表格的資料重新更新曲線。

而“軸控制”標籤頁用於設置坐標軸的顯示。

在曲線顯示區域中，按住右鍵可以平移整個曲線螢幕；或者按住滑鼠左鍵畫一個框，選擇放大該區域範圍；而按兩下螢幕，就能恢復原來大小。

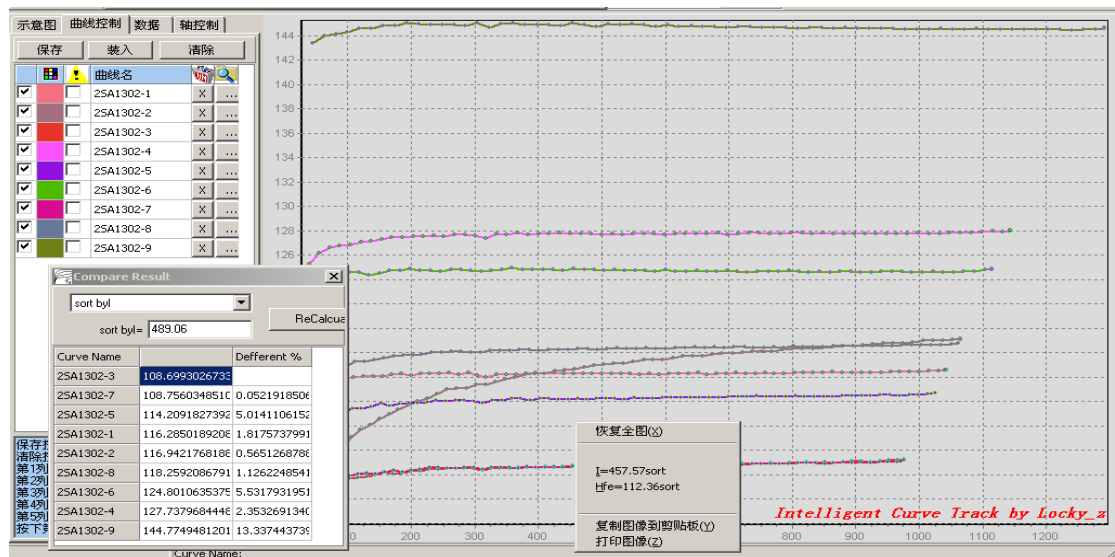
在坐標軸區域右擊，可以控制坐標軸刻度；在曲線顯示區域右擊，可以對多條曲線資料進行排序和列印、複製圖像到剪貼板。

如果需要測量另一只管，直接換下先前的管，再按一次“Go”，就可以測量出另外一只管的曲線，系統對測量的曲線條數是沒有限制的。

在測出來的曲線螢幕中移動滑鼠，當滑鼠移到某條曲線上面，在狀態列你會看到該曲線的名字，如果狀態列顯示出幾條曲線名字，說明這幾條曲線在該位置是十分接近的，也就是說那幾只管在該電流下是配對的。

除了用上述肉眼對比之外，還可以用程式內置的插值計算和區間計算功能進行對比

例如你在曲線螢幕橫坐標接近500mA處右擊，會彈出如下圖的菜單，



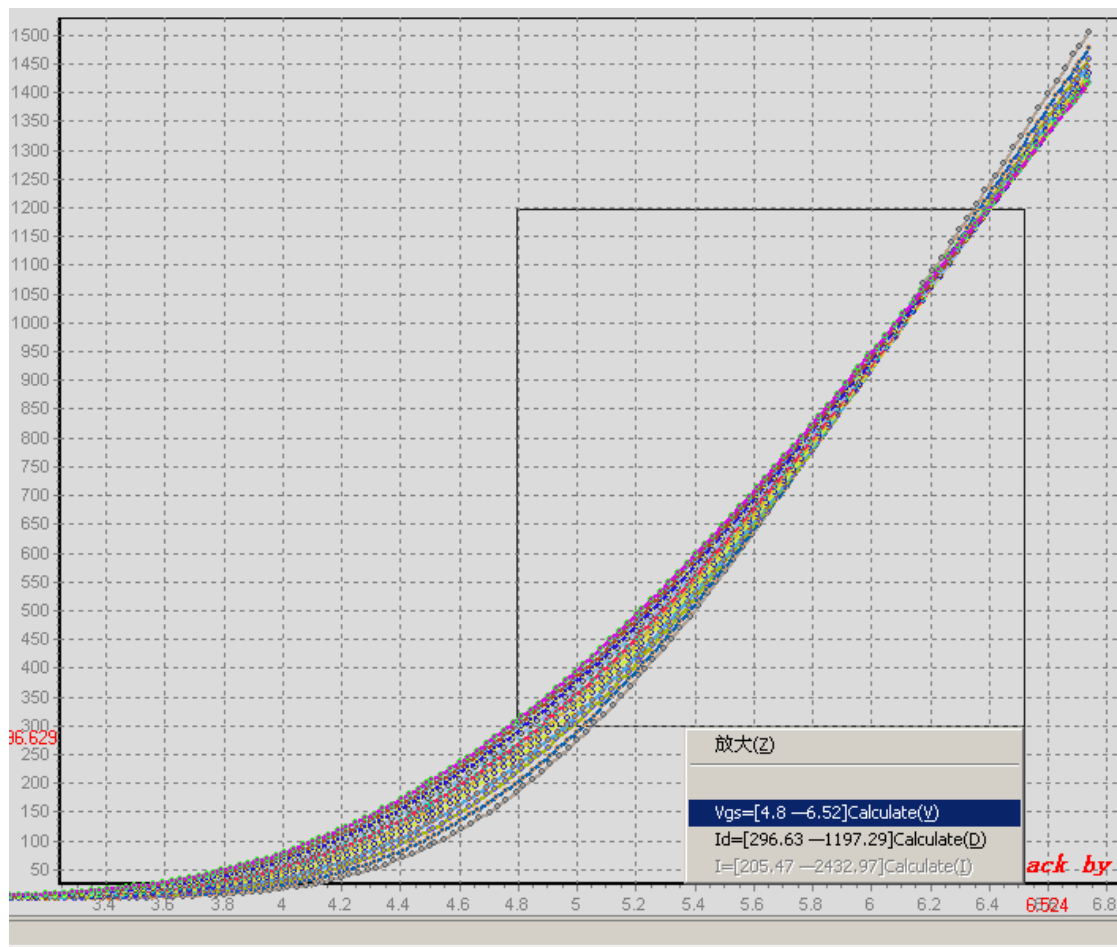
其中有“I=457.5Sort”、“Hfe=112.3Sort”功能表，選擇“I=457.5Sort”，出現一個視窗，列出了所有管子在Ic=457mA 時的 Hfe 表格，並且按從小到大的順序排列，而表格中的第 3 列“Defferent %”的百分數就是該管和它上面那只管的 hfe 誤差百分比。

Curve	Name	Defferent %
2SA1302-3	108.69930267334	
2SA1302-7	108.756034851074	0.0521918506734721
2SA1302-5	114.209182739258	5.01411061524163
2SA1302-1	116.285018920898	1.81757379910493
2SA1302-2	116.942176818848	0.565126878808218
2SA1302-8	118.259208679199	1.12622485417878
2SA1302-6	124.801063537598	5.53179319518742
2SA1302-4	127.737968444824	2.35326913407416
2SA1302-9	144.774948120117	13.3374437394877

從上面資料中你可以輕易找出誤差小於 1%的對管有第 3 只和第 7 只，第 1 和第 2 只。

你可以改變 457 這個數值，再按一次“重新計算”，又可以得到另外電流下的 Hfe 表格對比。右擊表格中的計算結果，可以將表格資料複製到剪貼板。

程式還提供”區間計算”功能,主要目的是計算 Vbe-Ic/Vgs-Id 曲線的斜率以及衡量曲線線性的程度。操作方法是按住滑鼠左鍵，畫出你要計算的矩形區間，鬆開滑鼠，就會彈出如下功能表。



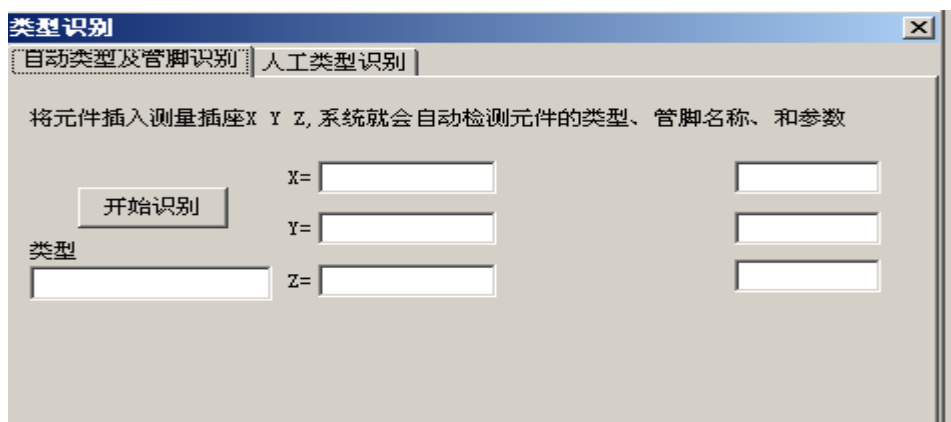
我們知道，互補管實際上並不需要  $V_{be} \rightarrow I_c/V_{gs}-I_d$  曲線重合，只需  $V_{be}-I_c/V_{gs}-I_d$  曲線平行就行了，如果兩條直線的斜率相等，那麼這兩條直線就肯定是平行的。程式提供的斜率計算就是這個用途。

通過斜率計算還可以對比穩壓器件或者恒流器件的性能好壞。

另外區間計算還提供了一個擬合度的計算。我們知道， $V_{be}-I_c/V_{gs}-I_d$  曲線並不是是一條直線，而是一條彎曲的曲線。程式提供一個“擬合度”計算功能，就是通過最小二乘法演算法，根據區間內的點，得到一條線性直線，並用這條直線和原來曲線相比，得出原來曲線和線性直線的相差程度。擬合度越接近 1，表示曲線越接近直線，說明其線性越好。

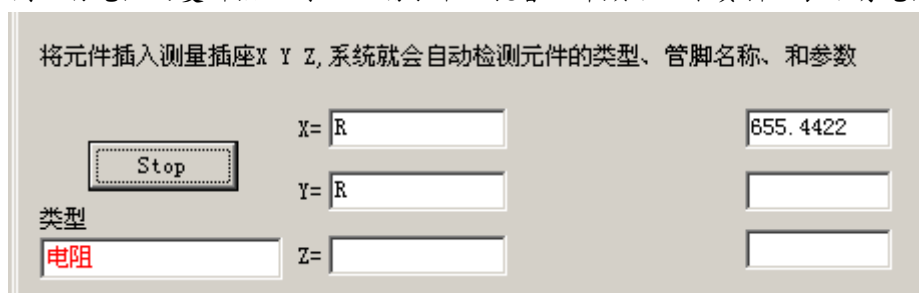
# 快速上手：元件類型、腳位自動識別

選擇主功能表“測量”-》“類型及管腳識別”



在 XYZ 插槽(圖示儀上蓋的插座，相同標識字母的插座位置，裡面都是相通的)插入元件  
點擊“開始識別”按鈕，程式會自動測出所插元件的類型以及管腳。

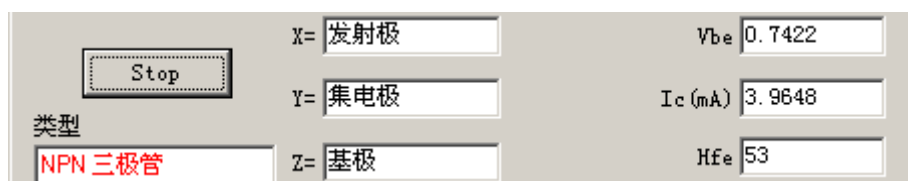
例如將電阻兩隻腳插入到 X Y 端子中，就會立即顯示如下資料，表示有電阻接在 X Y 之間，阻值是 655 歐。



又例如將一隻三極管 3 只腳插進去 XYZ，顯示如下，

表示這是一隻 NPN 管，X 插座接的是發射極、Y 接的是集電極、Z 是基極

Ic=3.96mA 時下的 Hfe 是 53，Vbe 是 0.742V。

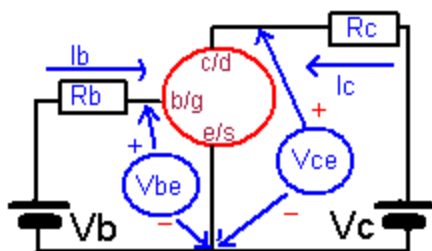


# 進階功能

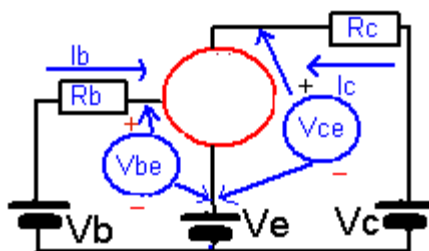
## 一、測量條件參數指南



系統提供兩種模式用於測量任意 3 端(3-Terminal)器件，分別是自動模式和自訂模式。



自動模式



自訂模式

“自訂模式”是由使用者自由定義的一種模式，但需要使用者對圖示儀的原理較為清楚才可以進行參數定義。

“自動模式”是以發射極/源極為參考點，VB Vc 可以設置為正或者負。但系統測量時並沒有產生負的電壓，系統實際上是根據你設置的電壓 VB Vc 極性及大小，換算成自訂模式下的電壓來測量的。

“自動模式”又提供了 3 種子模式，分別是：

1. “VB 可變/Vce 恒定”，主要用於測量 Hfe-Ic 曲線，Vbe-Ic 曲線，Vgs-Id 曲線；
2. “Vc 可變/Vb 恒定”，主要用於測量 Vds-Id 曲線；
3. “Vc 可變/Ib 恒定”，主要用於測量 Vce-Ic 曲線；選擇這種模式時，RB 下拉清單是灰色不可選的，由系統根據你設置的 Ib 電流計算出合適的 RB 檔。

“自訂模式”同樣也提供 3 種子模式，分別是：“VB 可變”、“Vc 可變”、“Ve 可變”。是以 VB Vc Ve 這 3 個電壓源公共點為基準地，並且 VB Vc Ve 這 3 個電壓都只能為正的電壓，

所謂測量參數就是設置 VB Vc Ve 這 3 個電壓的大小和遞增步長，根據電流範圍選擇合適的 RB RC 量程，定義需要用那個電壓/電流值作為坐標軸。

以“PNP 管 hfe-Ic (固定 Vce 下)”條件為例：

被測管是 PNP，因此集電極(c/d)和基極(b/g)電位都比發射極(e/s)低，而發射極現在是參考 0 電位，因此 VB、Vc 都為負的電壓。

因為測量的是 Hfe-Ic 曲線，其測量方法就是改變 VB，以便獲得不同的 Ib，再測出 Ic，得到 Hfe，再以 Ic 為 X 軸，Hfe 為 Y 軸畫出曲線出來。

由測量方法可知，測量過程應該是“VB 可變/Vce 固定”，因此選擇“VB 可變/Vce 固定”模式，並設置“VB from -0.5V to -36V 步長 0.3V”這裡 VB 不從 0V 起，主要是為避開管子在 Vbe 小於 0.5V 時不通，此時 Ic 和 Ib 都極少，測出來很不準確，而 Hfe=Ic/Ib 就會產生極大的變動。

步長是 0.3V，這樣一條曲線最多測量  $(36-0.5)/0.3=118$  個點。

因為是 PNP 管，因此 Vce 也是負的，於是設置為 -10V。

最大電流這個框的作用是限制最大測量電流，也就是測量到 3000mA 時就終止測量。

RB 需要根據實際測量電流而定，圖示儀提供 4 檔 RB 選擇，分別是 1360K/91K/6K/500 歐，



選擇  $R_B=1360K$  時，產生的  $I_b$  範圍大概是  $0 \sim (36-0.65)/1360=26\mu A$ 。其他  $R_B$  檔請用戶自己算一下。  
 $R_C$  也是根據實際電流而定，由於圖示儀供電是  $37V$  左右，扣除電路中的壓降（大約  $5V$ ），以及  $V_{ce}=10V$ ，所以  $R_C$  上壓降最大是  $37-5-10=22V$ ，如果選擇  $R_C=12K$ ，此時最大的  $I_c$  為  $22/12=1.8mA$ ， $R_C=1K$  時為  $22mA$  左右， $R_C=75\Omega$  為  $293mA$ ， $R_C=5\Omega$  為  $4.4A$ 。使用者根據需要測量的  $I_c$  範圍選擇正確的  $R_C$  量程。

參數定義中還有其他協助工具，例如

☒ 自动编号 1 這個用於控制是否產生遞增的序號，如果勾上的話，這個數位會自動替換曲線名字中的 % 符號。

保存条件 是將當前的測量條件保存，以便日後再使用

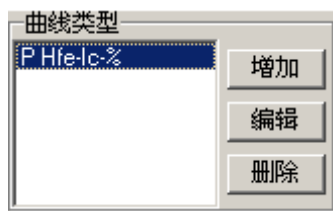
采样次数 (S) 2 times 是設置 AD 採樣次數，2times 表示每個點測量 2 次取平均，高於 2 次的是去掉最大最小值後再取平均。數位越大，測量速度越慢，但精度越高，曲線越平滑。

☐ 测量前先校正 勾上的話，在每次測量前都進行電壓校正，可以避免溫度導致的影響，建議每過半小時左右勾上一次。

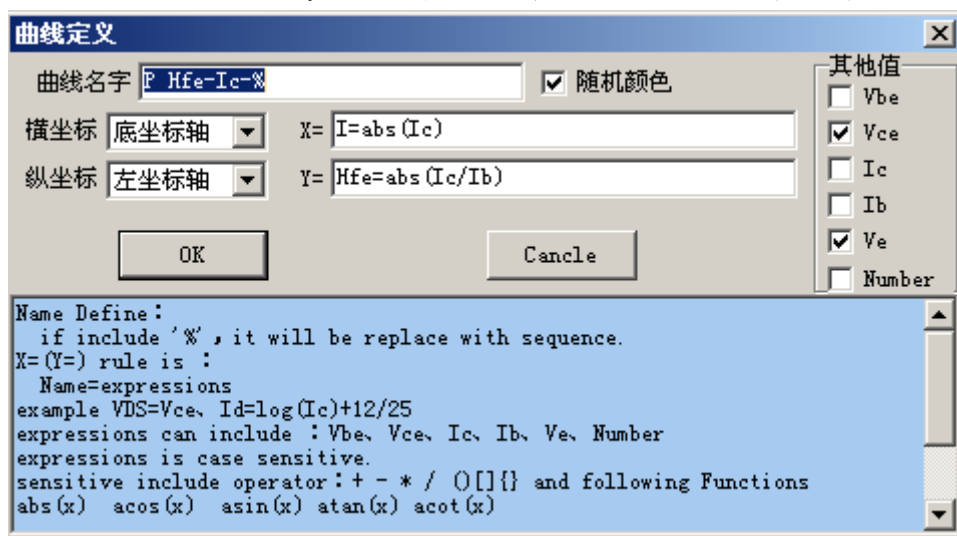
偏移校验 這個按鈕用於查看電壓校正的效果，他會測出 4 條曲線，這 4 條曲線一般是在 X 軸附近波動，波動最大幅度越小越好。波動的最大幅度反應了測量電壓的誤差。

如果執行這個偏移校驗後發現曲線偏離 X 軸較大，例如超過  $10mV$ ，那麼請勾上“測量前先校正”，系統就會重新校正。

“曲線類型”這個框內定義要測量什麼專案，顯示什麼資料



選中上圖“P Hfe-Ic-%”，再點編輯，可以看到這條曲線的坐標軸定義如下圖，含義如下：



曲線名字：由用戶自己起名字，但如果含有“%”這個符號時，會被當前的序號代替。

“隨機顏色”定義這條曲線的顏色，不選中這個框的話，會快顯視窗，由使用者選定一種顏色來顯示該曲線。

曲線顯示區域的橫坐標和縱坐標各有2條，分別是“頂坐標軸”、“底坐標軸”和“左坐標軸”、“右坐標軸”。如果只顯示一種類型曲線的話，橫坐標一般選“底座標”，縱坐標一般選“左座標”。

“X=”這個框定義橫坐標的計算公式。

“Y=”這個框定義縱坐標的計算公式。

X和Y框裡面的公式定義格式是“名字=運算式”這樣的形式，名字是標識該坐標軸的含義

運算式是由+ - \* / 以及括弧、函數、變數組成

函數包括：

abs(x)	取絕對值 x	acos(x)	反余弦函數	asin(x)	反正弦函數
atan(x)	反正切函數	acot(x)	反餘切函數	cos(x)	余弦函數
cosh(x)	雙曲余弦函數	cot(x)	餘切函數	exp(x)	e的x次方
floor(x)	求不大於x的最大整數	mod(x,y)	x%y	ln(x)	取自然對數
log(x)	取10的對數	pow(x,y)	x的y次方	sin(x)	正弦函數
sinh(x)	雙曲正弦函數	sqrt(x)	對x開方	tan(x)	正切函數
tanh(x)					

變數包括6種測量出來的資料量：

Vbe、Vce、Ic、Ib、Ve、Number

函數和變數都是大小寫敏感的。

例如上面X運算式描述為I=abs(Ic)

在“=”之前的“I”表示X軸的名字叫I；“=”後面的abs是取絕對值函數，Ic就是系統變數，即測量出來的Ic，取絕對值的目的是為了保證曲線在第一象限顯示。

Y軸運算式Hfe=abs(Ic/Ib)也很容易看出含義，就是集電極電流除以基極電流，並取絕對值

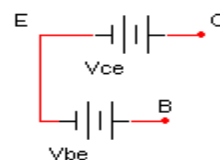
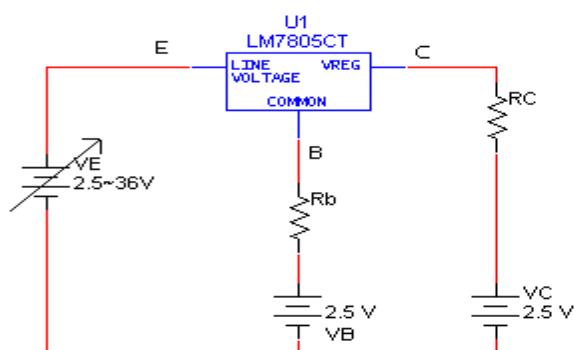
“其他值”裡面的多選框用於在測量資料表格中同時顯示出來，以便使用者進行分析。

曲線類型裡面你可以定義多條曲線同時顯示的，下面以3端穩壓7805的Vi-Vo曲線測量方法來說明一下。

正三端穩壓IC的公共端電流最小，其輸入和輸出腳要流過負載電流，而圖示儀只有C E端子才能流過大電流，所以7805的公共端接測量端子B；實際上是經過一個RB=500歐電阻才接到電壓源VB的。因此測出RB上流過的電流同時也可以順便測出7805的靜態電流。

因為測量端子C接有RC，可以通過它測出電流，所以要將測量端子C接到7805的輸出端，以便測量其電流。而7805的輸入端就接測量端子E了。

其等效測量電路如圖



hifidiy.net



因為 7805 公共端電壓是最低電位，所以要設置 VB 為 2.5V，VC 也設置為 2.5V，Ve 設置為從 2.5V 步進到 36V 以便產生  $V_i=0\sim33.5V$  的輸入可變電壓。因此選擇的測量模式是“VE 可變”的自訂測量模式

現在再看看坐標軸如何定義

由上面等效原理圖可知，

7805 的輸入電壓  $V_i=E$  點電壓-B 點電壓，

輸出電壓  $V_o=C$  點電壓-B 點電壓

而系統只提供了測量值  $V_{be}$ 、 $V_{ce}$ 、 $I_c$ 、 $I_b$ ，如何得到  $V_i$  和  $V_o$  呢？這是就需要用到一些運算：

實際上  $V_i=E$  點電壓-B 點電壓=  $-V_{be}$ ，

而“C 點電壓-B 點電壓”可以參考等效測量原理圖右圖，即  $V_o=V_{ce}-V_{be}$ 。要注意  $V_{ce}$ 、 $V_{be}$  是有符號的，如果一時搞不清楚究竟是加還是減，可以乾脆全部用絕對值函數  $abs$  來簡化

所以 X 軸定義為  $V_i=abs(V_{be})$

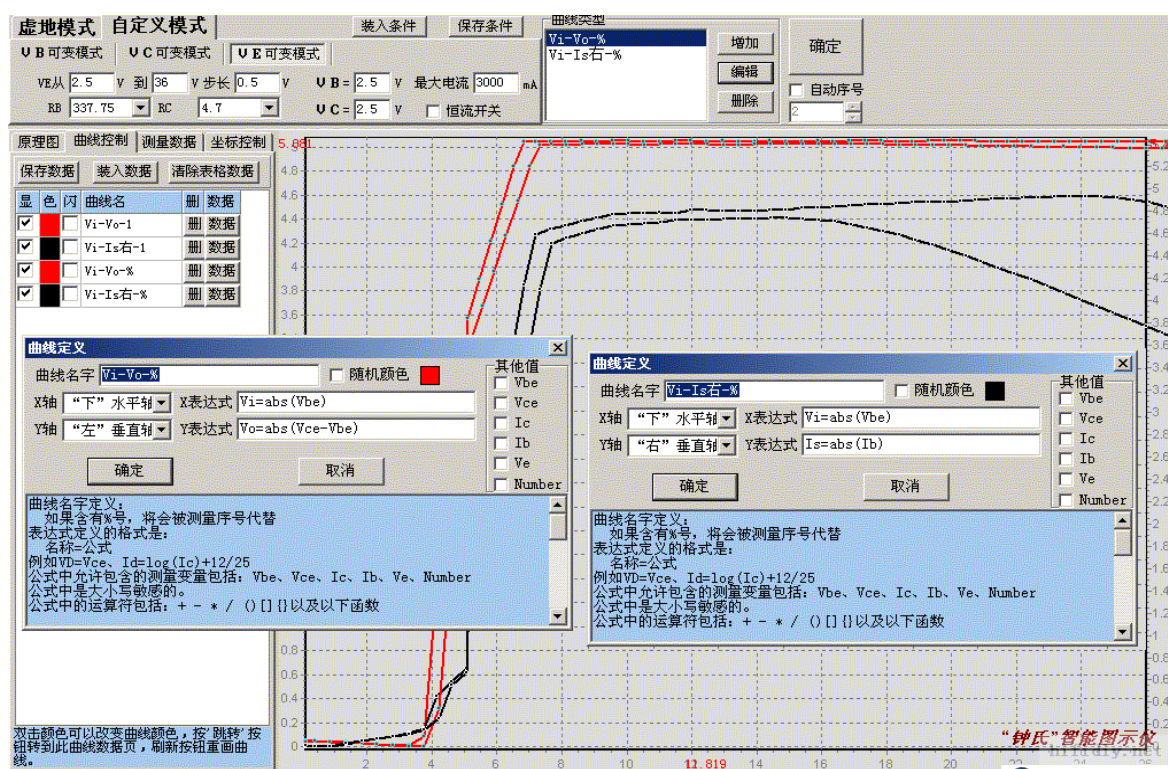
Y 軸定義為  $V_o=abs(V_{ce}-V_{be})$

同樣你還可以同時測出 7805 的靜態電流  $I_s$  和  $V_i$  的關係。7805 的靜態電流就是流過 RB 的電流，也就是  $I_b$ ，因此其曲線定義為

X 軸同樣為  $V_i=abs(V_{be})$ ，可以和  $V_i-V_o$  曲線共用 X 坐標軸

Y 軸為電流  $I_b$ ，只能用另外一條坐標軸，所以選擇“右”垂直軸，定義為  $I_s=abs(I_b)$ 。

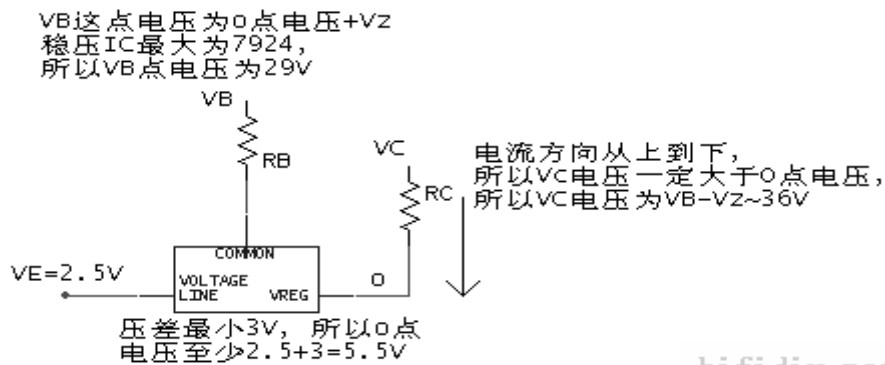
因為 RC 是被系統固定了 4 種阻值，所以電流也被固定了。但從測量原理圖（忽略  $R_b$  上的壓降）可知  $I_o=(V_b+V_o-V_c)/R_C$ ，改變  $V_b$ 、 $V_c$  可以達到改變電流的目的。但如果改變  $V_b$  的話，對於被測穩壓 IC 來說， $V_i$  也是同時改變的；所以最好的方法是改變  $V_c$ 。例如將  $V_c$  改成 5V， $R_C=5$  歐的話，那麼負載電流約為  $(2.5+5-5)/5=0.5A$ 。下面就是測量一隻 7805 在大電流（1.4A）和小電流（0.1A）下的  $V_i-V_o$  曲線和  $V_i-I_s$  曲線，紅色是  $V_i-V_o$  曲線（ $V_o$  的刻度是左座標），黑色是  $V_i-I_s$  曲線（ $I_s$  的刻度是右座標）



有時還可以在  $V_i-V_o$  曲線上看到穩壓 IC 的保護電路工作時的輸出電壓情況。例如穩壓 IC 功耗過大時的輸出曲線。

你也可以進行  $I_o-V_o$  特性曲線測量，接法和上面一樣，但  $I_o-V_o$  曲線是固定  $V_i$  輸入電壓情況下測量的，改變負載電阻來獲得不同的負載電流。但圖示儀因為負載電阻已經固定是這 4 中阻值了，所以這裡做一個變通。

上面說過  $I_o=(V_b+V_o-V_c)/R_c$ ，通過改變  $V_c$  就可以達到改變  $I_o$  的目的，所以測量  $I_o-V_o$  的測量模式應該選擇“自訂模式”的“ $V_c$  可變”模式，下面以負三端穩壓 IC 為例。



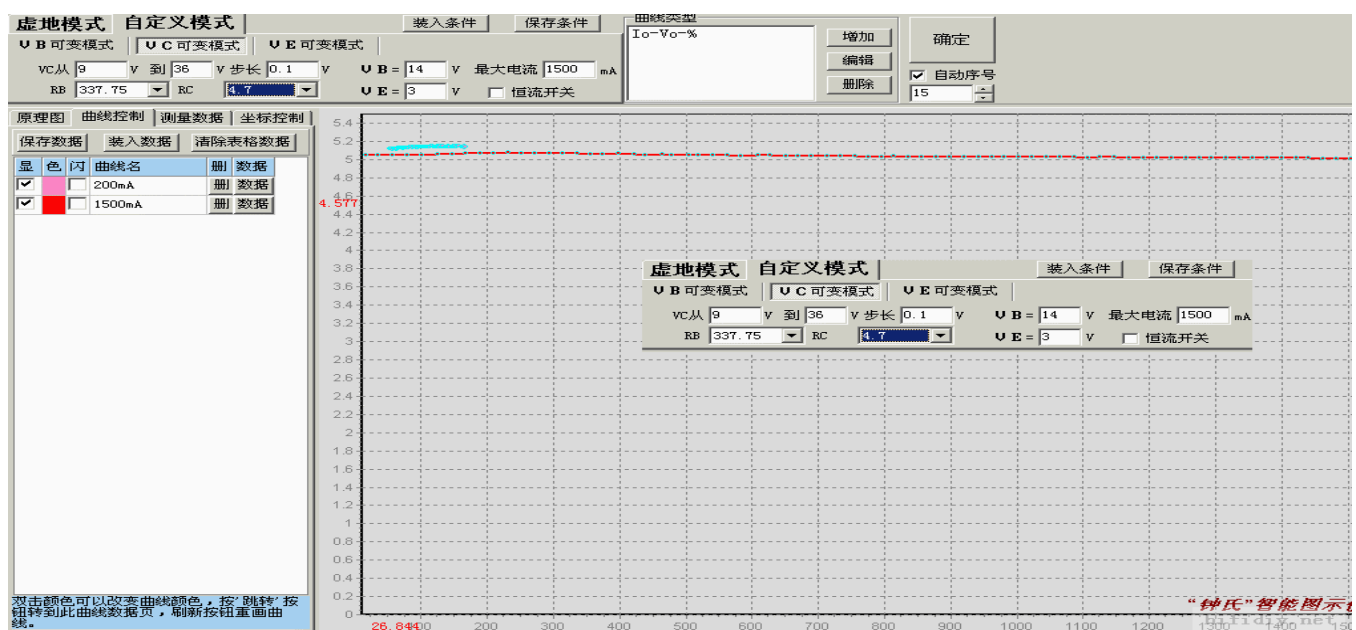
hifidiy.net

負三端穩壓 7905 的輸入端接 E， $V_e$  應該是最負的電壓，所以設成 2.5V。次低電壓應該是穩壓 IC 的輸出端，因為一般穩壓 IC 壓降有 3V 即可工作，所以這一點電壓最低為 5V。穩壓 IC 的公共端接 B 測量端子，其電壓 VB 等於穩壓 IC 輸出端的電壓加上  $V_o$ ，但穩壓 IC 的穩定電壓  $V_o$  未知，但三端 IC 一般最大是 24V，所以 VB 輸出電壓可以設成  $5+24=29V$ 。因為是負穩壓，電流方向從 VC 端向穩壓 IC 輸出端倒灌電流的，所以 VC 的電壓必須要高於穩壓 IC 輸出腳電壓，而穩壓 IC 腳的電壓為  $V_B - V_o$ ，因為  $V_B=29V$ ， $V_o$  最小 1.25V，所以 VC 的範圍最小值為  $29-1.25=27.8V$ ，最大電壓可以為 36V。負載電流則為  $I = (V_c - (V_b - V_o)) / R_c$ 。

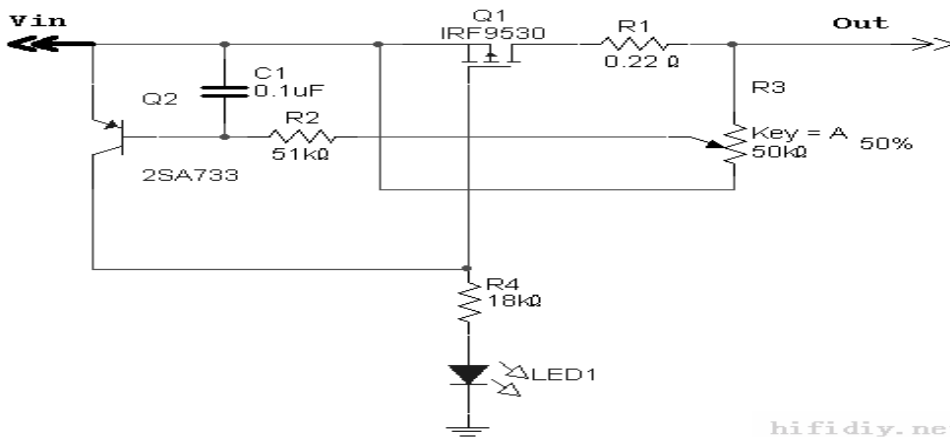
實際上這個公式和上面的公式  $I_o=(V_b+V_o-V_c)/R_c$  是一樣的，如果將負穩壓 IC 的輸出電壓  $V_o$  用負值代替，得出的公式也是一樣，只不過電流方向相反。

如果你已經知道穩壓 IC 的值，那麼可以將 VB 設成更低，這樣 VC 就可以有更大的電壓變動範圍了，例如測量 7905， $V_e$  設成 2.5V，穩壓壓降為 3V，所以 VB 電壓可以設成  $2.5+3+5=11V$ ，這樣 VC 的範圍就可以 5.5~36V 這麼寬了。

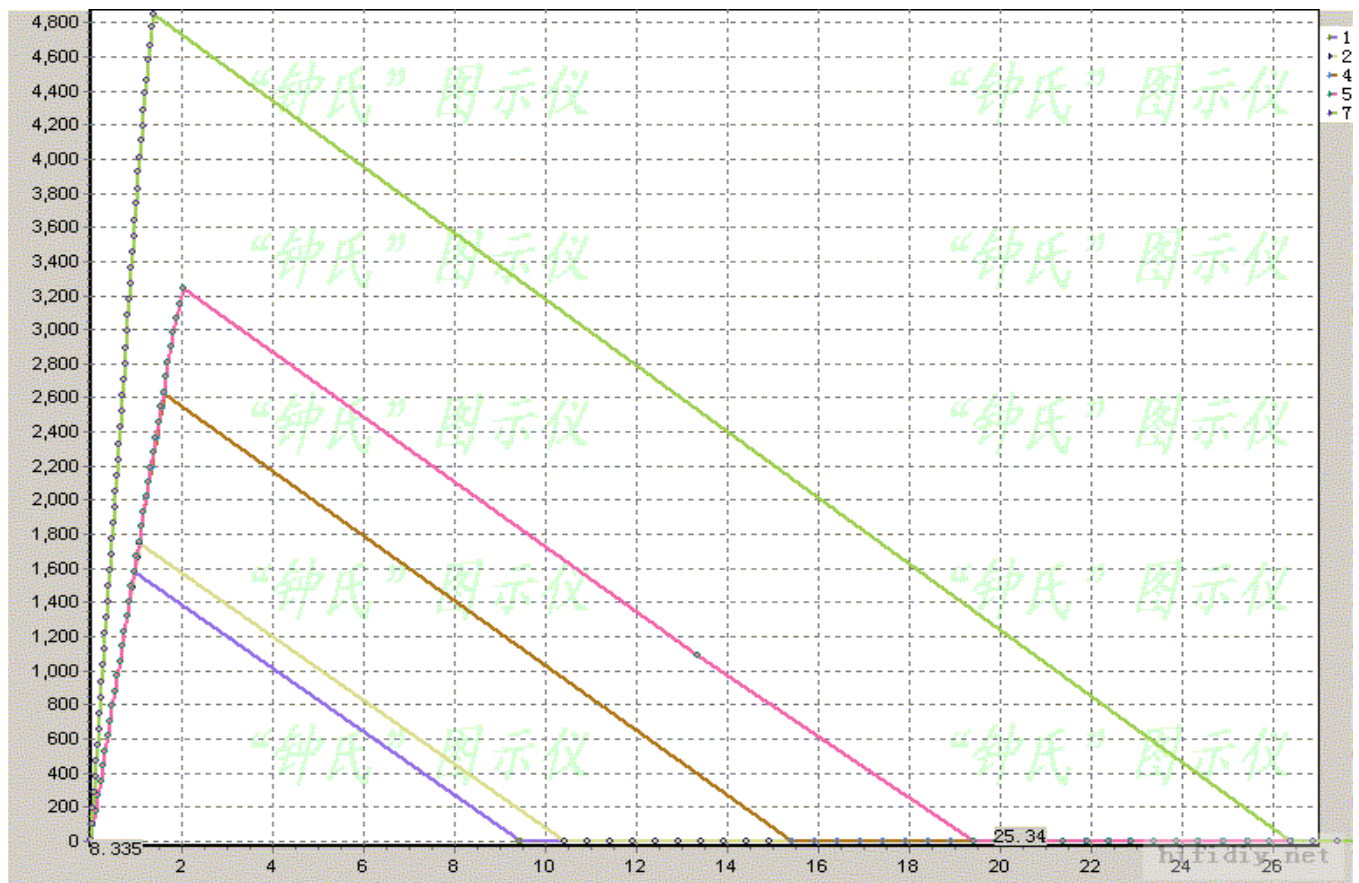
下面是在 200mA 負載電流和 1.5A 負載電流下的  $V_o-I_o$  曲線（中間的是 1.5A 下的測量條件）



一些組合電路也可以用圖示儀進行測量  
例如本圖示儀的過流保護電路如下



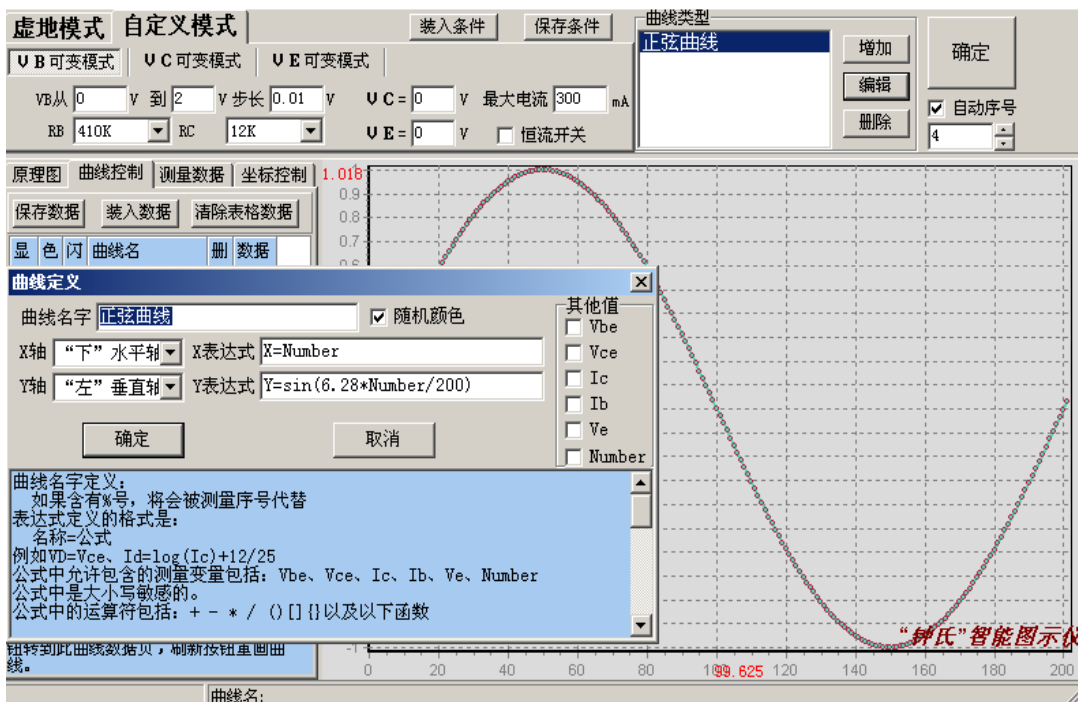
這可以看成是一個 2 端電路，將 Vin 接在測量端子 C，Out 接在測量端子 E，而公共地可以接在供電電源的地，控制 Vce 從 0 升高到 36V，RC 選擇 4.7 歐，X 軸定義為 Vce，Y 軸定義為 Ic，測出來的曲線如下圖



上圖較垂直的單獨的曲線是短路了 0.22 歐，並調節 R3 到最靈敏時的 VI 曲線，保護點電流越 4.8A。  
不是很傾斜的那條曲線是帶有 0.22 歐的，並且調節不同的 R3 得到的 VI 曲線，最小的保護電流也有 1.6A。從 VI 曲線也可以看出保護電路的壓降。  
保護時，那個 LED 會發亮，指示發生了過流，恢復的話，需要短路 2SA733 的 BE 結



甚至你也可以不用進行測量，直接使用這些函數來類比一些曲線也行。例如下面是裝入“正弦曲線”條件的例子：



X 軸為 Number，Number 是內部變數，其實就是產生的資料序號。是從 1 開始的。

Y 軸為  $\sin(6.28 * \text{Number} / 200)$ ，

為什麼 Y 軸要這樣定義呢？我們再看一下電壓的設置，VB 從 0 到 2V，步長 0.01V，從這裡我們可以知道這次測量共  $(2-0)/0.01=200$  個點，也就是一個週期分成 200 點，我要顯示 1 個正弦週期，所以每步應該為  $2 * \pi * \text{Number} / 200$

這裡 X Y 軸定義完全沒有使用到實際測量的電壓電流值，只是用到測量時產生的順序號 Number 而已。

更複雜例子如，7 次諧波合成的方波形狀

$$Y = \sin(6.28 * \text{Number} / 200) + \sin(6.28 * \text{Number} / 66.6) / 3 + \sin(6.28 * \text{Number} / 40) / 5 + \sin(6.28 * \text{Number} / 28.6) / 7$$

## 二、測量條件注意事項

1. 關於條件設置的原理可仔細參考左邊標籤頁的“原理圖”

2. “ $I_c$ - $H_{fe}$ ”/“ $V_{be}$ - $I_c$ ”/“ $V_{gs}$ - $I_d$ ”曲線有“固定 $V_{ce}$ ”和“ $V_{ce}$ 不固定”兩種類型，一般管子PDF手冊上的測量方法是固定 $V_{ce}/V_{ds}$ 下測量的。

3. 系統內置的 $I_c$ - $H_{fe}$ 測量條件是小電流下測量，如果需要測量更大電流，相應將 $R_B$ 和 $R_C$ 量程同時改小一個或者兩個量程即可，如果測量達林頓管，因為達林頓管的 $h_{fe}$ 比普通三極管大很多，所以測量達林頓管時， $R_B$ 應提高一個量程。

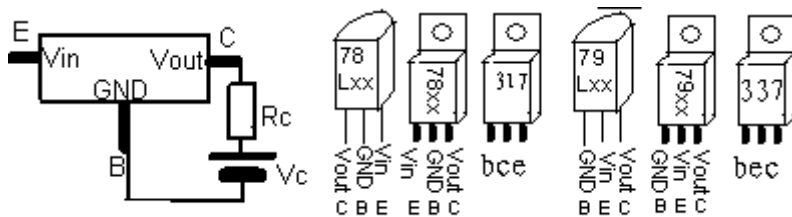
4. 一般來說，每條曲線有50~70個點已經很精細了。你改變步進幅度就可以改變曲線上的點數；改變步進的起始值就可以只測量曲線其中一部分。

5. 測量某些小功率高頻管時，有時候曲線出現規則的特殊形狀，這可能是被測管發生了自激震盪，此時可以嘗試在被測管CE兩端並聯一隻0.01~0.1 $\mu$ 電容可能能改變這種狀況。

6. 測量FET管，柵極G對應插座的B，漏極D對應插座的C，源極S對應插座上的E

7. 測量P型管時，無須調換C、E極，仍舊是基極對應B、集電極對應C，發射極對應E。你只需裝入合適極性的測量條件即可，程式會幫你設置好測量電壓的。

8. 使用內置的3端穩壓IC測量條件時，無論正穩壓還是負的IC，接線都是一樣的，接線方法是：電壓輸入端接E，公共端接B，電壓輸出端接C。（要注意正負穩壓IC的管腳封裝排列是不同的，下面是一些常用3端IC的管腳對應測量插座圖）。



9. 穩壓二極體的VI曲線測量是測量兩端器件的雙向VI特性，因此無需區分正負極，只需將元件接到C E兩端即可。由於是雙向測量，所以只能測量18V以下的器件。但如果你熟悉條件設置原理，可以改成最大測量36V以下的器件VI特性。

10. 測量PMOS管時，因為程式設置B/C/E 3個通道順序有先後，會造成被測管GS之間有瞬間36V的壓差，這樣可能會擊穿一些管子的柵極，為保險起見，測量PMOS管時，最好在插座其餘的BE之間並聯一隻15V左右的穩壓二極體。

11. “偏移校驗”功能是檢測是否有參數有漂移，其中VRB，VRC校驗分別代表 $I_b$ 、 $I_c$ 測量誤差。 $V_{be}$   $V_{ce}$ 校驗分別代表 $V_{be}$ 、 $V_{ce}$ 的測量誤差。在最佳狀態時，VRB VRC  $V_{be}$   $V_{ce}$ 校驗測出來的曲線的平均線最好在0軸附近波動，變化5mV以內最好。

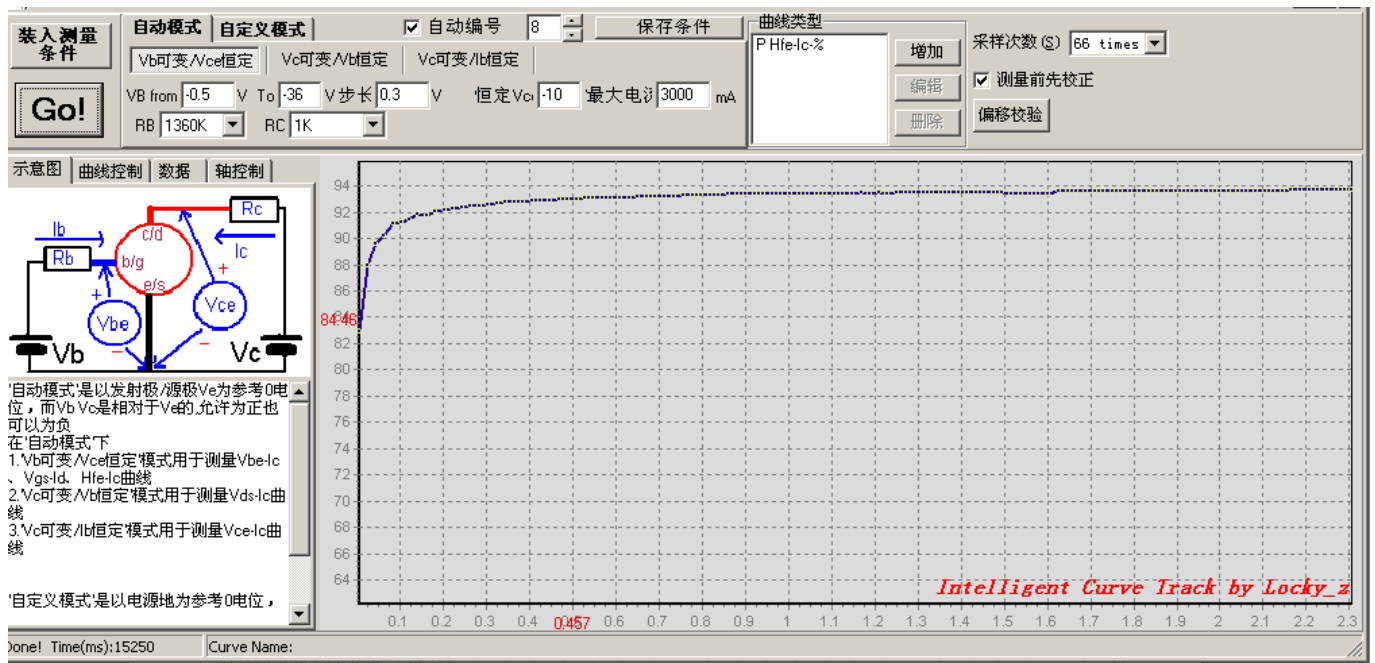
從上述4個校驗也可以看出測量的最大誤差，因此測量時，測量的資料最好儘量遠大於這個誤差。例如如果Vrb校驗測出來的曲線最大偏離0軸15mV，說明測量誤差最大有15mV，因此測量基極電流時，最好保證 $R_B$ 上的壓降遠大於15mV。同樣Vrc校驗也是一樣的含義

上述4個校正和溫度有關，例如剛開機時校驗好，但通電了一段時間再校驗，這個電壓偏差會增大，為解決這個誤差，可以測量時勾上“測量前先校正”這個勾。

如果你要進行同極性測量，因為測量條件是一樣的，因此上述誤差的值都是一樣的，並且是固定的，相互之間能夠抵消。因此對於同極性測量，這4個校驗的好不好，不會對同極性管子測量有任何影響。

這4個校驗只是影響異極性之間的測量，但如果你設置條件，使得 $R_B$ 、 $R_C$ 上電壓遠大於VRB、VRC校驗的值，測量的誤差也可以做到很小。

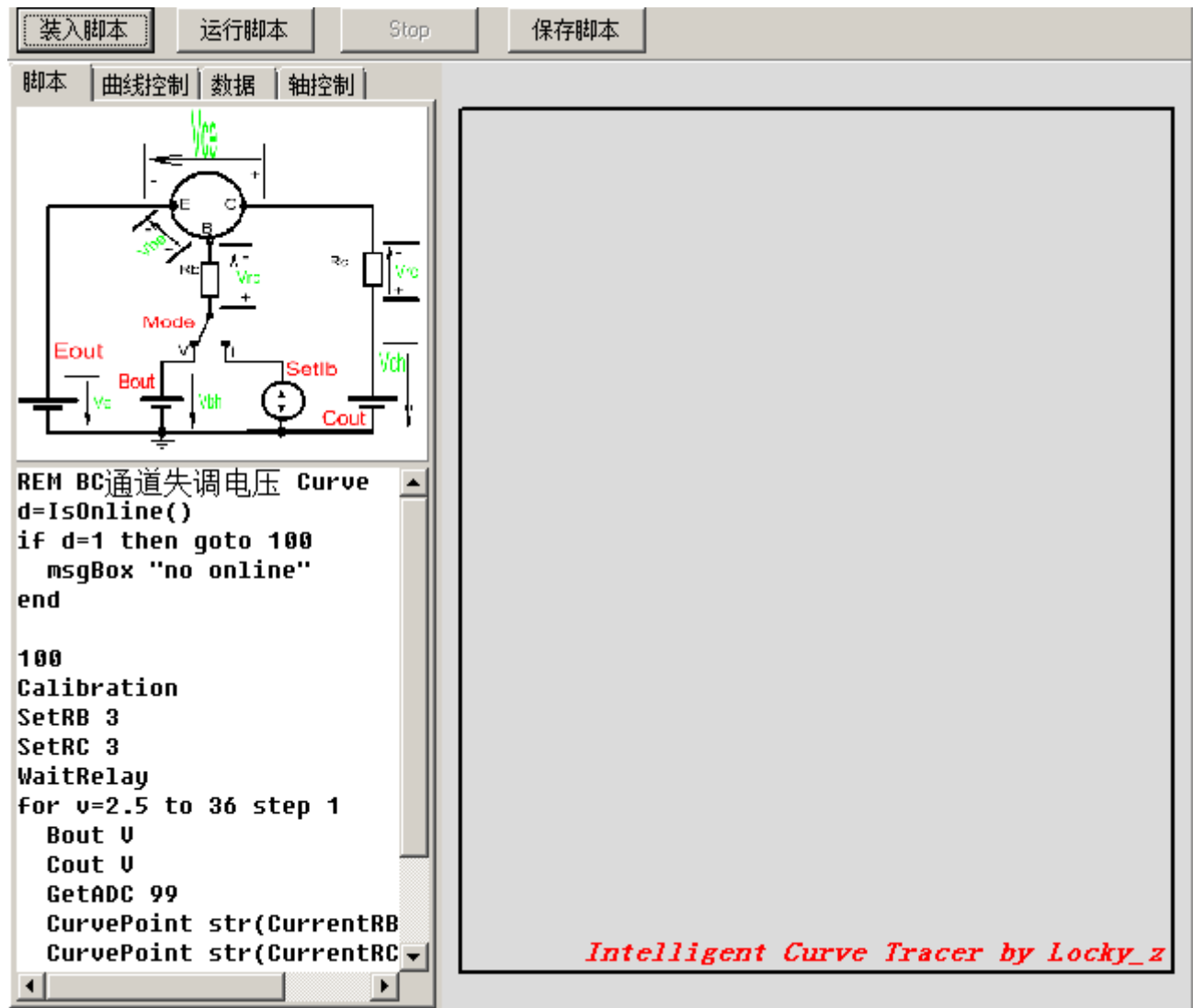
12. 有時候裝入 $h_{fe}$ - $I_c$ 曲線測量，如下測量條件，但測出來的 $I_c$ 最大不到3ma，這是為何？



原因是用的  $R_B$  太大，例如上圖， $R_B=1360K$ ， $V_b$  從  $0\sim36V$ ，被測管  $V_{be}$  假設  $0.7V$ ，那麼產生的  $I_b$  是  $0\sim26\mu A$ ，如果被測管  $H_{fe}$  為  $90$ ，那麼產生的  $I_c$  為  $0\sim2.33mA$ ，也就是上圖測到的結果。

使用脚本测量

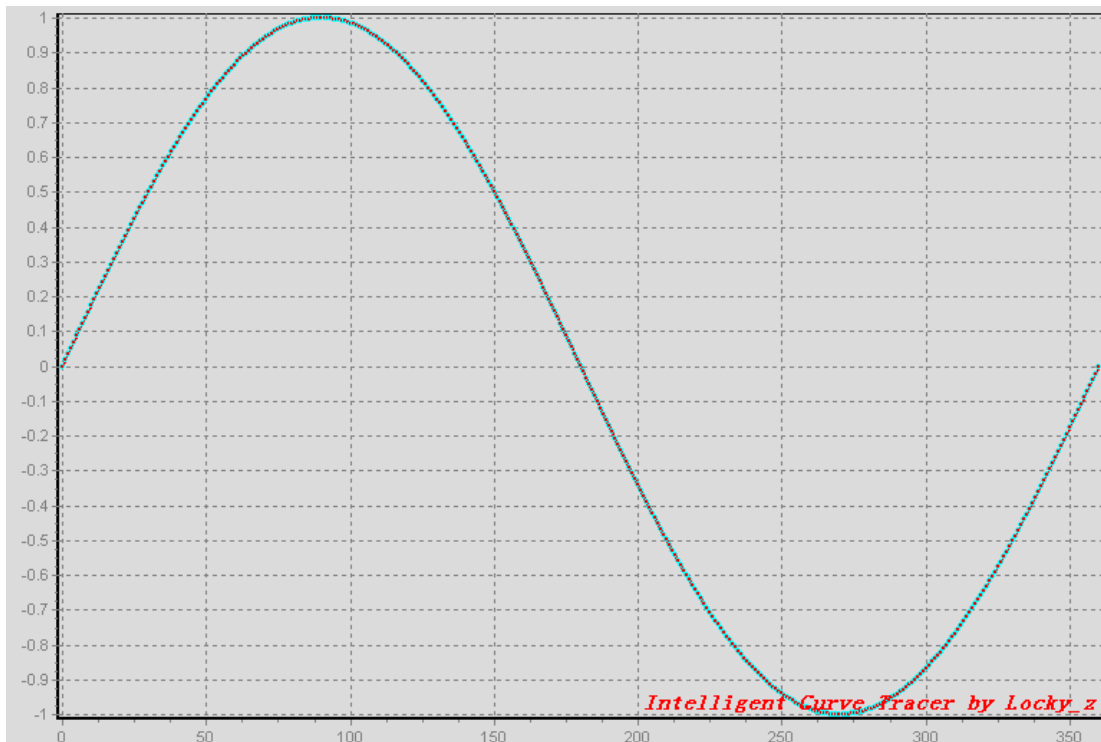
選擇功能表“測量-》脚本控制”



你可以直接在文本區域編寫 basic 腳本來控制測量，或者點擊‘裝入脚本’裝入已經編寫好的腳本。  
點擊‘運行脚本’則程式會按脚本一行一行執行。

先從簡單一個脚本說起,例如畫出一個正弦曲線

```
for i=0 to 360  
y=sin(i*6.28/360)  
curvepoint "sin",i,y  
next  
endcurve "sin"
```



腳本中，for 是一個迴圈語句，迴圈變數是 I，從 0 遞增到 360，迴圈過程就是 for ---next 之間的語句。

`y=sin(i*6.28/360)` 就是計算正弦的值，並保存在數值變數 y 中。

`Curvepoint "sin",i,y` 就是形成曲線上 1 點，它的第一個參數是曲線名"sin"，第二個參數是 X 座標，這裡他的值就是 i；第 3 個參數是 Y 座標，他的值就是變數 y 的值。

`EndCurve` 語句是結束並顯示一條曲線，他的第一個參數就是曲線名，要和上面 Curvepoint 對應,所以這裡仍然是"sin"。

執行完這個腳本，在曲線區就會顯示這一條曲線出來了，同時在資料區也會增加一個標籤頁，存放這條曲線的資料。

腳本也允許和使用者交互，系統提供了 3 種語句用戶輸入，或者提示某些資訊，下面舉例一下

```
$a1="12"
```

```
Input "請輸入需要設定的電壓",$a1
```

```
MsgBox "你剛才輸入的是"+$a1
```

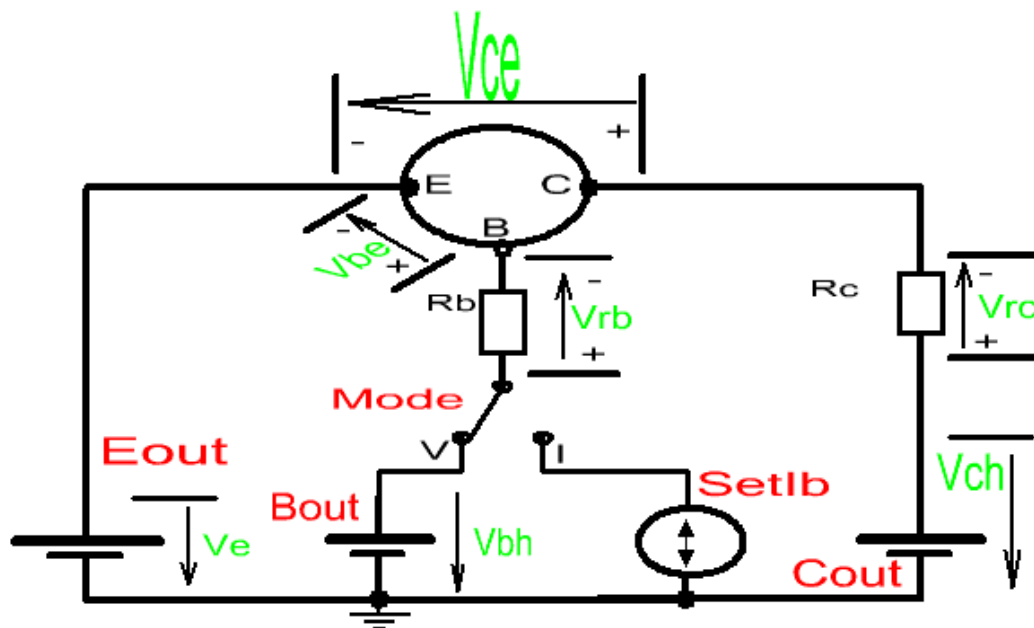
第一行 `$a1="12"` 定義了一個字串變數，內容是"12"，字串變數必須以\$開頭。

第二行 `Input "請輸入需要設定的電壓",$a1`，input 語句是輸入語句，她 2 個參數，第一個參數就是提示資訊。這裡是"請輸入需要設定的電壓"，第二個參數是輸入的內容保存在那裡，這裡是保存到字串變數\$a1 中，第三行的 `MsgBox` 是顯示一個視窗，後面需要跟字串運算式，"你剛才輸入的是"+\$a1，這是一個字串運算式，+ 號是連接子，如果\$a1 的內容是 20，那麼會顯示一個視窗："你剛才輸入的是 20"。

還有一個 notice 語句，是在狀態列區域顯示提示資訊，這個以後會提及。



上面的例子都沒涉及到測量，要用腳本來控制圖示儀進行測量，首先瞭解一下圖示儀的組成框圖



系統提供了 3 個通道的電壓輸出，分別是 B/C/E 通道輸出，控制他們輸出電壓的語句分別是 Bout/Cout/Eout，這些語句後面帶一個參數，就是輸出的電壓值，並且都是正的電壓，另外受硬體限制（運放驅動達林頓管，因此最低輸出電壓達不到 0V，一般大於 2V，而最大輸出大約為供電電壓減 3V 左右）。

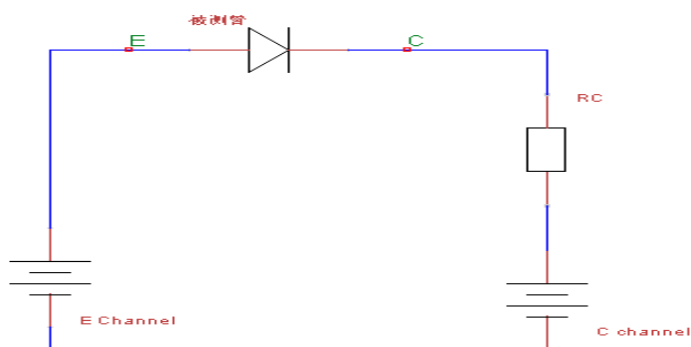
其中 B 通道有 2 種控制模式，分別是恒壓/恒流模式，用語句 mode I 或者 Mode V 切換。

系統提供了一個過程用來測量電壓，語句是 GetADC，執行這個語句後，系統會自動測量上圖所示的 Ve/Vbh/Vch/Vrc/Vrb/Vbe/Vce 這 7 個電壓，並且將結果分別存放在系統變數 Ve/Vbh/Vch/Vrc/Vrb/Vbe/Vce 裡面。單位是 V。

系統在 B 和 C 通道輸出分別串聯著一個電流採樣電阻 RB 和 RC，他們的阻值由 SetRB/SetRC 程序控制，帶 1 個參數，用於選擇 4 檔阻值中的 1 檔，例如 SetRB 0 表示選擇 RB0 檔。當選擇了某一檔電阻後，系統會將這個阻值填到系統變數 CurrentRB/CurrentRC 中。

這樣你想測量基極電流的話，先用 GetADC 進行電壓測量，然後用系統變數 Vrb/CurrentRB 即可得到基極電流。

在恒流模式下(mode I)，語句 SetIb 用於設定基極恒定電流，（注：這個語句如果在恒壓模式(mode V)下可能會產生無法預知的情況）這個語句後面帶 1 個參數，是需要設定的電流值(mA)，這個語句也會影響 RB 的量程，也就是說會影響到 CurrentRB 系統變數裡面的值。



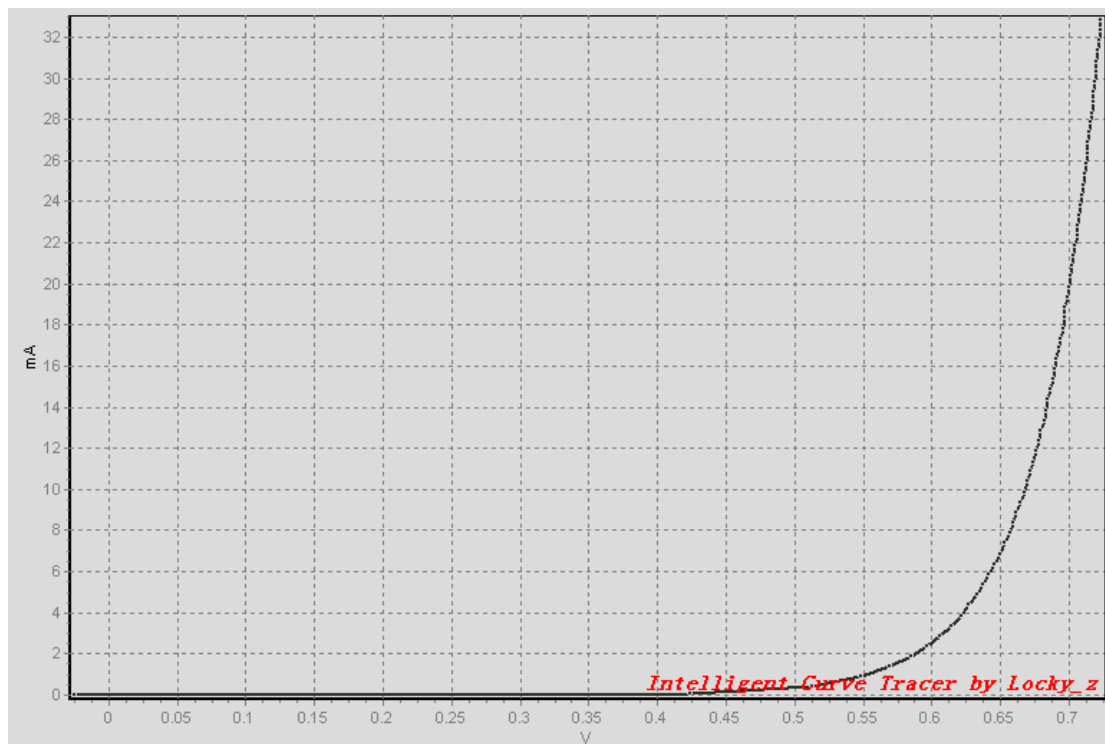
下面再舉一個例子，測量二極體的 VI 曲線，

二極體是 2 端器件，因此你可以將它接到 B C E 任意兩個端子都行，例如我這裡接到 C E 端，E+ C-，示意圖如圖。

那麼腳本如下：

```
REM diode V-I Curve      //REM 是注釋語句
d=IsOnline()              //IsOnline()是測試系統是否連線，如果連線，則返回 1，否則返回 0，這返回值存
                            放在變數 d 中
if d=1 then goto 100      //如果 d 等於 1，表示已經連線，跳到 100 行執行
msgBox "no online"        //否則顯示一個資訊‘no noline’
end                        //沒有連線，結束程式

100                        //定義行號 100，上面 goto 語句就是跳到這一行開始執行
MsgBox "Connect diode to E+/C-" //提示插入管子在 C E 埠，E+ C-
Calibration               //執行校正
Cout 2.5                  //設置 C 通道輸出 2.5V
Eout 2.5                  //設置 E 通道輸出 2.5V
SetRC 2                   //RC 選擇 RC2 檔，此時 CurrentRC 也被填入 RC2 的值，也即 1k 歐
WaitRelay                 //等待繼電器穩定
for V=2.5 to 36 step 0.5   //迴圈語句，設置 E 通道輸出從 2.5 遞增到 36V,遞增步長 0.5V
    Eout V                 //E 通道輸出遞增電壓
    GetADC                 //讀入 AD 轉換結果，並存放在系統變數 Ve/Vbh/Vch/Vrc/Vrb/Vbe/Vce 裡面
    Ic=Vrc/CurrentRC       //計算 Ic 的值，
    CurvePoint "Diode",-Vce,-Ic*1000 //形成 1 點，橫坐標就是系統變數 Vce 的值，縱坐標是 Ic 的值，
    從示意圖可以看出，此時的 Vce 是 E 高 C 低，但從圖示儀組成框圖中知道，Vce 的方向定義是 C+E-，也就是說
    這裡 Vce 的值實際上是負的，因此加上一個負號，以便將其變成正值，同樣 Ic 的電流方向是從上到下，也是負
    的，並且單位是 A,所以乘以-1000，以便變成正的 mA 單位。如果都不變成正數的話，那麼曲線會顯示在第 3 象
    限，和習慣不符。
Next                       //迴圈結尾語句
Init                      //重定 3 個通道輸出電壓以及 RB RC 量程。
EndCurve "Diode"          //顯示出曲線
```



下面列出系統的函數與過程，函數和過程名字不區分大小寫，函數與過程的區別就是函數會返回一個值，語法中的‘[]’內的表示可選參數。

過程語法	描述	
AxisLabel  AxisType," label"	定義 4 個坐標軸名稱	第一個參數是只能是‘UDLR’這 4 個字元其中一個，U 代表上面橫坐標軸，D 標識下面坐標軸，L 表示左邊縱坐標，R 標識右邊縱坐標。  第二個參數是字串型，即坐標軸名稱。
AxisMin AxisType,value	定義某個坐標軸最小值	第一個參數同上，第二個值是數值型
AxisMax AxisType,value	定義某個坐標軸最大值	第一個參數同上，第二個值是數值型
Bout n	設定 B 通道輸出 n 伏電壓	N 必須是正數。
Calibration	進行圖示儀校正	
ClearCurve	清除所有曲線和表格資料	
Cout n	設定 C 通道輸出 n 伏電壓	N 必須是正數。
CurvePoint  CurveName,X,Y  [n3[n4[n5[n6 [n7[n8[n9]]]]]]]	形成曲線上 1 點，但未顯示出來，直到 EndCurve 過程執行後才會顯示，並生成表格	CurveName 是曲線名字  X 是 X 座標值  Y 是 Y 座標值  後面 n3~n9 是可選參數，這些參數會寫在表格資料種第 3~9 列
End	程式結束	
EndCurve CurveName  [color[,X-Axis[,Y-Axis]]]	將曲線顯示出來並生成表格資料	CurveName 是曲線名字，必須和 CurvePoint 過程的 CurveName 對應  Color 參數是數值型顏色，數值格式是 RRGGBB，例如 256389 表示紅色分量=25，綠色分量=63，

		<p>藍色分量=89，如果沒有指定的話，顏色會隨機生成。</p> <p>X-Axis 參數是橫坐標軸用上面或者下面的橫坐標軸，d 表示下面橫坐標，u 表示上面橫坐標，缺省是下面橫坐標軸 d</p> <p>Y-Axis 參數是縱坐標軸用左邊或者右邊的坐標軸，L 表示左邊縱坐標，R 表示右邊縱坐標，缺省是左邊坐標軸</p>
Eout n	設定 E 通道輸出 n 伏電壓	N 必須是正數。
ExitFor	退出 for 迴圈	
For ... to ... [step n]	迴圈語句，For 迴圈最多允許嵌套 24 層	
GetADC [,n]	進行 AD 轉換,然後將結果填入系統變數 VE、VCH、VBH、VBE、VCE、VRB、VRC	<p>可選參數 n 是採樣次數，</p> <p>n=0~1 採樣次數實際=1</p> <p>n=2 採樣次數實際=2</p> <p>n=3~5 採樣次數實際=3</p> <p>n=6~9 採樣次數實際=6</p> <p>n=10~17 採樣次數實際=10</p> <p>n=18~33 採樣次數實際=18</p> <p>n=34~65 採樣次數實際=34</p> <p>n&gt;=66 採樣次數實際=66</p>
GOSUB n	調用第 n 行的副程式，副程式	

	最多允許嵌套 24 層	
Goto n	程式轉到第 n 行	
If ... then	條件判斷語句	條件只能是數值型的運算式，不支援字串運算式
Init	重定 3 個通道輸出電壓，同時 將 RB 選擇 RB3,RC 選擇 RC3,	這個操作會影響繼電器，以及系統變數 CurrentRB、CurrentRC，可能後面需要調用 WaitRelay 以便等待繼電器穩定。
Input Msg，保存的變數	用戶輸入	Msg 參數是顯示的提示資訊，字串型， 第二個參數是用來保存使用者輸入的字串變數
Mode I/V	恒壓/恒流模式切換	參數就是一個字元，I 或者 V
MsgBox Msg	彈出一個提示資訊視窗	參數 Msg 參數是提示的資訊
Next	迴圈結束語句	
Notice Msg	在狀態列顯示資訊	Msg 參數就是需要顯示的提示資訊
REM [...]	注釋語句	REM 後面的內容都被忽略
Return	副程式返回語句	
SetIb i	設置恒定基極電流，系統會根據使用者給出的電流值自動選擇不同的 RB 量程，這個操作會影響繼電器以及系統變數 CurrentRB	I 是 mA 單位的電流值，
SetRB n	RB 量程選擇，這個操作會影響繼電器和系統變數 CurrentRB	n=0~3,
SetRC n	RC 量程選擇，這個操作會影響	n=0~3,

	繼電器和系統變數 CurrentRC	
SetVce n	系統通過調整 C 通道輸出電壓 使 Vce 電壓符合設定值	N 正負均可
StartWatch	開始計時器計時，和函數 StopWatch()配合	
WaitRelay	等待上次操作繼電器穩定	
函數語法	描述	
Abs(n)	返回 n 的絕對值	
Cos(n)	返回 n 的余弦值	
IsOnline()	圖示儀是否連線	返回 1 表示連線，0 表示沒連線
Ln(n)	返回以 e 為底的對數值	
Log(n)	返回以 10 為底的對數值	
Random(n)	返回 0~n 之間的一個隨機整數	
Sin(n)	返回 n 的正弦值	
Sqrt(n)	返回 n 的開方值	
StopWatch()	返回計時器當前值(毫秒)	
Str(n)	將數值 n 變成字串	
Val(s)	將字串 s 變成數值，並返回該數 值	

腳本允許使用者定義變數，變數有 2 種，一種是數值型，一種是字串型，字串型變數開頭字母必須是以\$開頭，變數名字最長 25 個字元，不區分大小寫，也就是說 abc 和 ABC 是同一個變數，系統最多允許 246 個數值型變數和 255 個字串變數。

在數值型變數中，系統內置了 9 個系統變數，你不能再使用他們作為變數名字，他們分別是：

系統變數名	描述
CurrentRB	存放當前 RB 的阻值，這個值是經過校正係數修正過的值
CurrentRC	存放當前 RC 的阻值，這個值是經過校正係數修正過的值
Ve	存放 E 通道輸出的測量電壓
Vbe	存放 BE 端子之間的電壓，電壓正負方向參考圖示儀組成框圖
Vce	存放 CE 端子之間的電壓，電壓正負方向參考圖示儀組成框圖
Vrc	存放 RC 電阻兩端的電壓，電壓正負方向參考圖示儀組成框圖
Vrb	存放 RC 電阻兩端的電壓，電壓正負方向參考圖示儀組成框圖
Vch	C 通道輸出的測量電壓
Vbh	B 通道輸出的測量電壓

系統支援的運算子有：

+ - \* / %(取餘數) ^(冪) 括弧 ( )

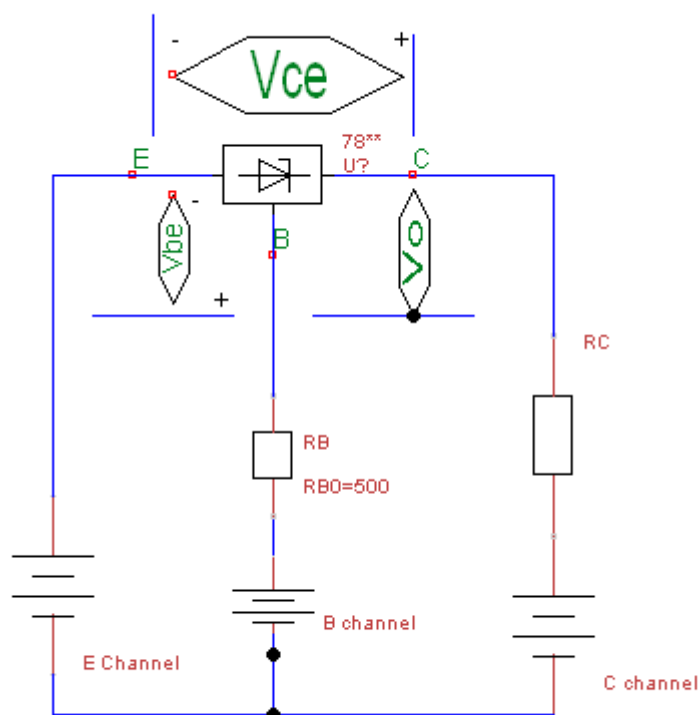
+運算子也可用於字串

行號必須是數位，並且單獨一行，並只能位於這一行的開頭，最大長度是 10 個數字

腳本最大長度是 10k 位元組。



下面再舉一個 3 段穩壓 IC 的測量腳本：



例如測量 7812 的  $I_o$ - $V_o$  曲線，即改變負載電流  $I_o$ ，看看輸出電壓  $V_o$  有啥變動

C 從上面示意圖可以看出，如果 B Channel 輸出電壓為  $V_{bh}$ ，RB 上的電壓為  $V_{rb}$ ，那麼穩壓 IC 輸出端的電壓（也就是 C 點電壓）等於  $V_{bh}+V_{rb}+V_o$ ，負載電流  $I_o=(V_{bh}+V_{rb}+V_o-V_{ch}) / R_C$ ，可見改變  $I_o$  的方法有 2 個途徑，一個是改變  $V_{bh}$ ，一個是改變  $V_{ch}$ 。但改變  $V_{bh}$  的話，也會導致穩壓 IC 壓降也隨著改變，所以最好的方法是改變  $V_{ch}$ 。

如果  $V_{bh}$  固定為 2.5V，忽略  $V_{rb}$  上壓降，被測管是 7812，那麼 C 點電壓也固定了，大約  $12+2.5=14.5V$ ，也就是說  $V_{ch}$  變動範圍只能是  $0\sim14.5V$  之間，但如果提高  $V_{bh}$  電壓，就能擴展  $V_{ch}$  變動範圍。但  $V_{bh}$  也不能太高，至少要保證穩壓 IC 有一定的壓降，例如保留穩壓 IC 壓降為 5V，那麼  $V_{bh}$  的設置最佳值推算方法是

1. E 通道輸出最高電壓  $V_e$
2. 那麼 C 點電壓就是  $V_e$  減穩壓 IC 壓降 5V,
3. 那麼 B 點電壓為 C 點電壓減穩壓 IC 穩壓值，即  $V_e-5-12$ 。
4. 那麼 C 通道輸出電壓範圍就是 C 點電壓  $\sim 2.5V$  之間

腳本如下：

```
REM 78xx Io-Vo Curve
```

```
d=IsOnline()
```

測試是否連線

```
if d=1 then goto 100
```

```
  msgBox "no online"
```

```
end
```

```
100
```

如果已連線

```
Clearcurve
```

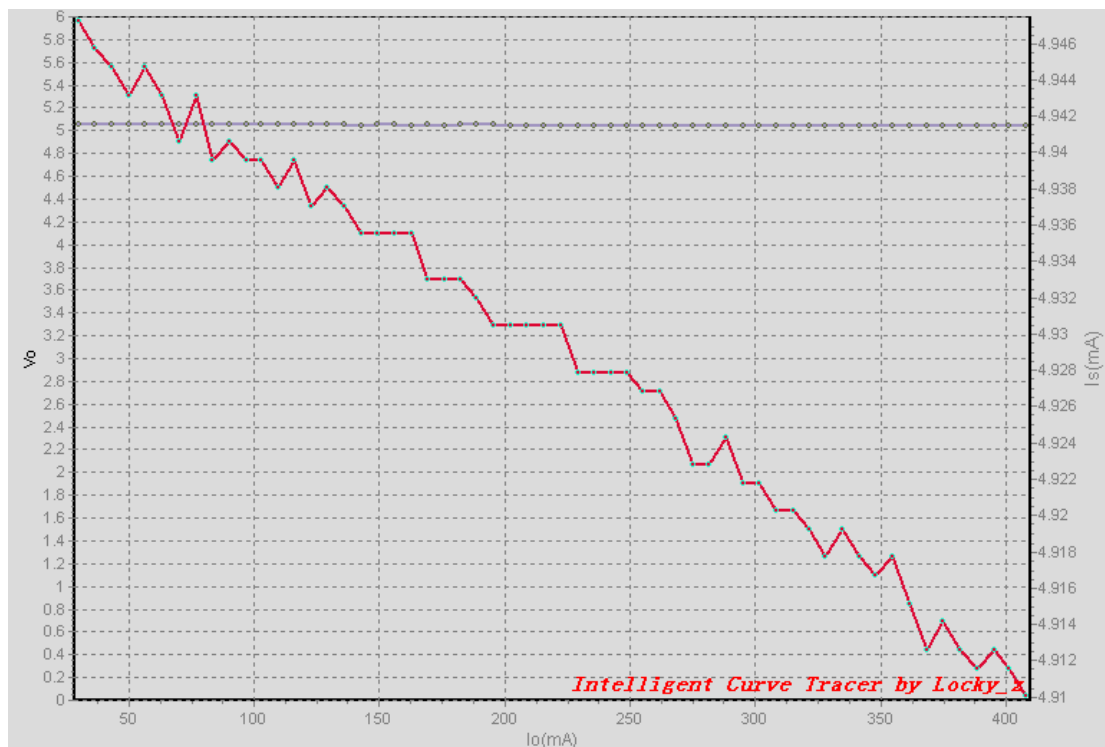
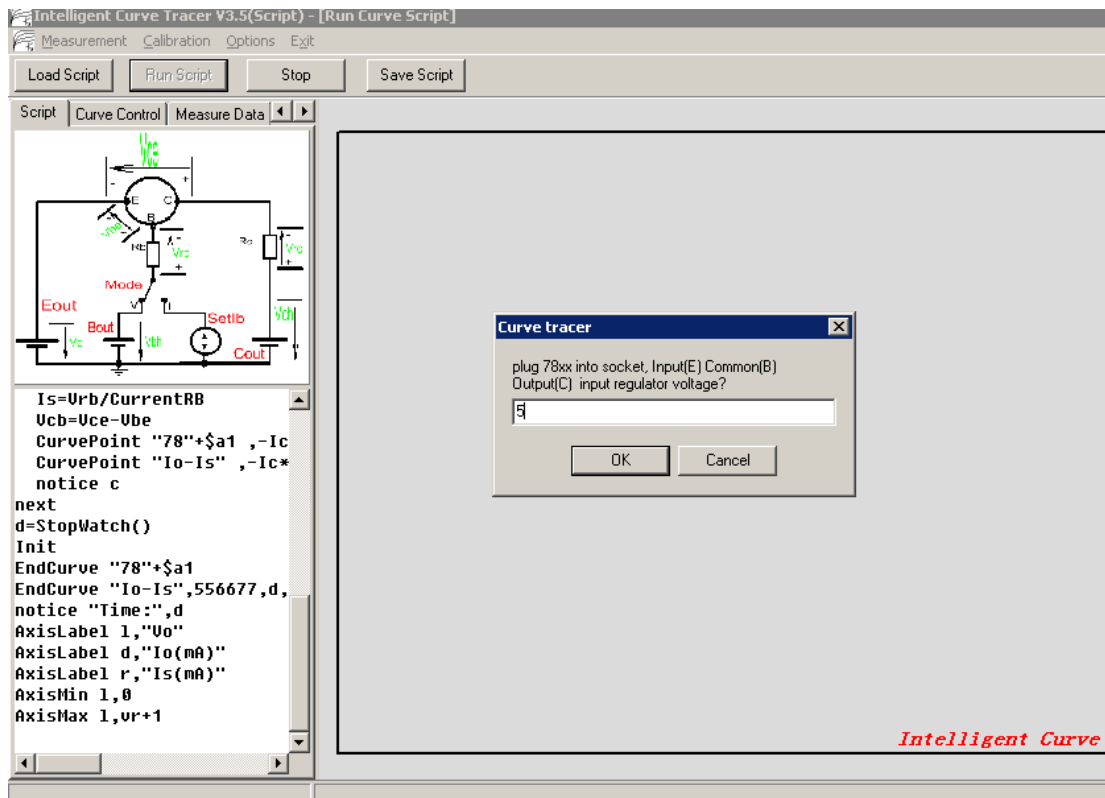
清除資料

```
$a1="12"
```

```

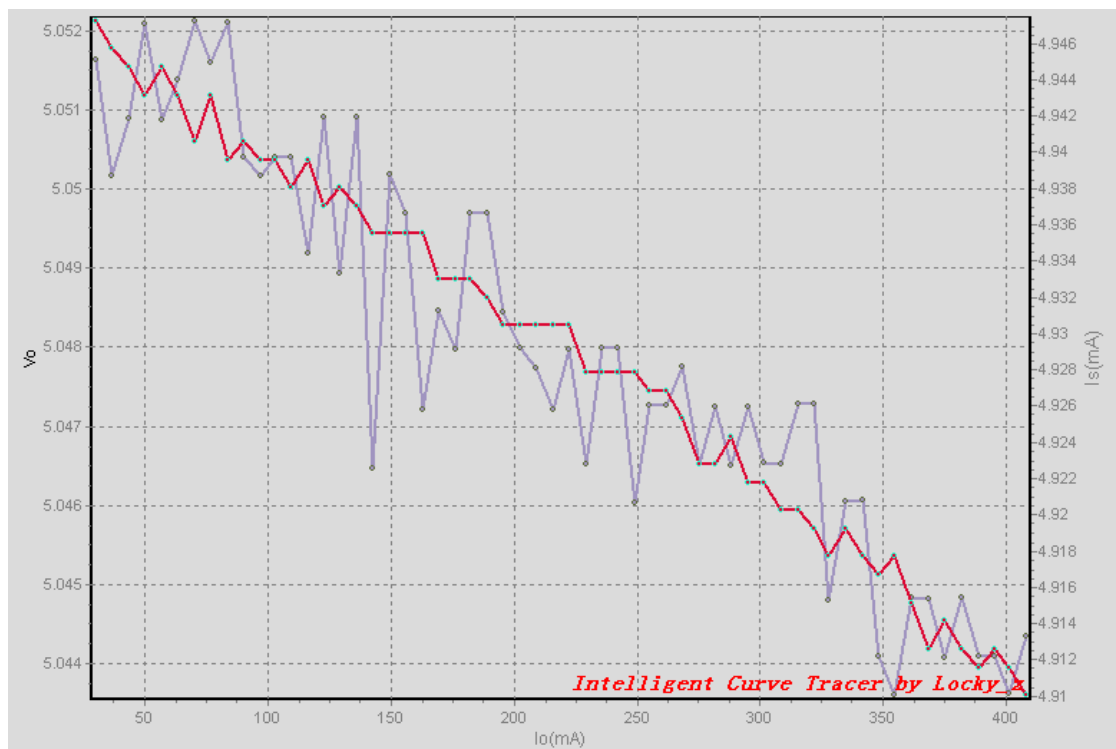
Input "plug 78xx into socket, Input(E) Common(B) Output(C) and input regulator
voltage?",$a1 輸入待測 IC 的電壓值,存放在字串變數$a1 中
Vr=val($a1) 將使用者輸入的電壓值用函數 Val 變成數值型,存放在變數 Vr 中
Vbase=36-5-Vr 因為最高電壓是 36V,所以 B 通道輸出電壓設置為 36-5-Vr
Eout 36 設定 E 通道輸出最高電壓 36V,
Bout Vbase 設定 B 通道輸出電壓
Cout Vbase+Vr 設定 C 通道輸出電壓初始電壓
SetRB 0 RB 量程選擇最小檔,以便儘量減少 RB 上壓降。
SetRC 1 RC 選擇 75 歐檔,你也可以選擇 4.55 歐,但電流可能超出穩壓 IC 的允許範圍
WaitRelay 等待繼電器穩定,如果不等待,可能測出的電壓不準確
StartWatch 開始計時
for C=Vbase+vr to 2.5 step -0.5 設置 C 通道輸出電壓迴圈,
    Cout C
    GetADC AD 採樣
    Ic=Vrc/CurrentRC 計算負載電流
    Is=Vrb/CurrentRB 計算公共端子的靜態電流
    Vcb=Vce-Vbe 由示意圖可知,穩壓 IC 的輸出電壓其實就是 Vce-Vbe
    CurvePoint "78"+$a1 , -Ic*1000,Vcb 注意,這裡 Ic 的電流方向是負的,所以乘以一個-1 以便變成正
    數
    CurvePoint "Io-Is" , -Ic*1000,-Is*1000 同時生成第二條曲線,是負載電流-》靜態電流的關係曲線
    notice c 在提示區提示一下當前掃描電壓到哪裡
next
d=StopWatch() 取出計時器時間
Init 重定系統
EndCurve "78"+$a1 畫出曲線負載電流-》輸出電壓
EndCurve "Io-Is",556677,d,r 畫出曲線 Io-Is,橫坐標因為仍舊是負載電流,所以仍舊用下面的橫坐標 d,
縱坐標是靜態電流,所以需要另一條縱坐標軸,這裡用右邊縱坐標軸 r。
notice "Time:",d 在提示區顯示總共耗時時間 ms
AxisLabel l,"Vo(V)" 左坐標軸顯示名字"Vo(V)"
AxisLabel d,"Io(mA)" 下座標顯示 Io(mA)
AxisLabel r,"Is(mA)" 右縱坐標顯示靜態電流 Is(mA)
AxisMin l,0 右縱坐標最小值設置 0,
AxisMax l,vr+1 右縱坐標最大值設置成輸出電壓+1,以便方便觀看

```



運行過程圖片如上，水平線是  $I_o$ - $V_o$  曲線，參考坐標軸是左邊  $V_o$  和下面  $I_o$ ，紅色是  $I_o$ - $I_s$  曲線，參考坐標軸是右邊  $I_s$  和下面  $I_o$ 。

假如不設置縱坐標軸最小、最大值，那麼出來的效果如下圖，Y 軸只顯示 5.044~5.052 之間，因此稍稍變動 1mV，在螢幕上就有 1cm 的變化，看起來以為波動很大。



繼續舉例測量有漏電流  $I_{ceo}$  的管子的  $H_{fe}$ - $I_c$  曲線

平常我們測量管子  $h_{fe}$ , 是直接測出  $I_c$  和  $I_b$ , 然後  $H_{fe}=I_c/I_b$  就算, 但如果管子有漏電流  $I_{ceo}$ , 那麼這個  $I_{ceo}$  可能會導致測出來的  $h_{fe}$  有誤差,

正式的  $H_{fe}$  測量公式是  $h_{fe}=(I_{c1}-I_{c2})/(I_{b1}-I_{b2})$

REM Ge  $I_c$ -> $H_{fe}$  Curve

d=IsOnline()

if d=1 then goto 100

msgBox "no online"

end

100

Calibration

Eout 35

SetRB 2

SetRC 2

Bout 34.5

WaitRelay

SetVce -10

StartWatch

GetADC

$I_{c0}=V_{rc}/CurrentRC$

$I_{b0}=V_{rb}/CurrentRB$

for VB=34 to 2.5 step -0.3

Bout VB

SetVce -10

notice VB

GetADC

$I_c=V_{rc}/CurrentRC$

$I_b=V_{rb}/CurrentRB$

$H_{fe}=(I_c-I_{c0})/(I_b-I_{b0})$

$I=(I_c+I_{c0})/2$

CurvePoint "Ge  $H_{fe}$ - $I_c$ ",abs( $I*1000$ ), $H_{fe}$ , $V_e$ , $V_{ce}$

$I_{c0}=I_c$

$I_{b0}=I_b$

If abs( $V_{ce}$ )<8 then goto 200

next

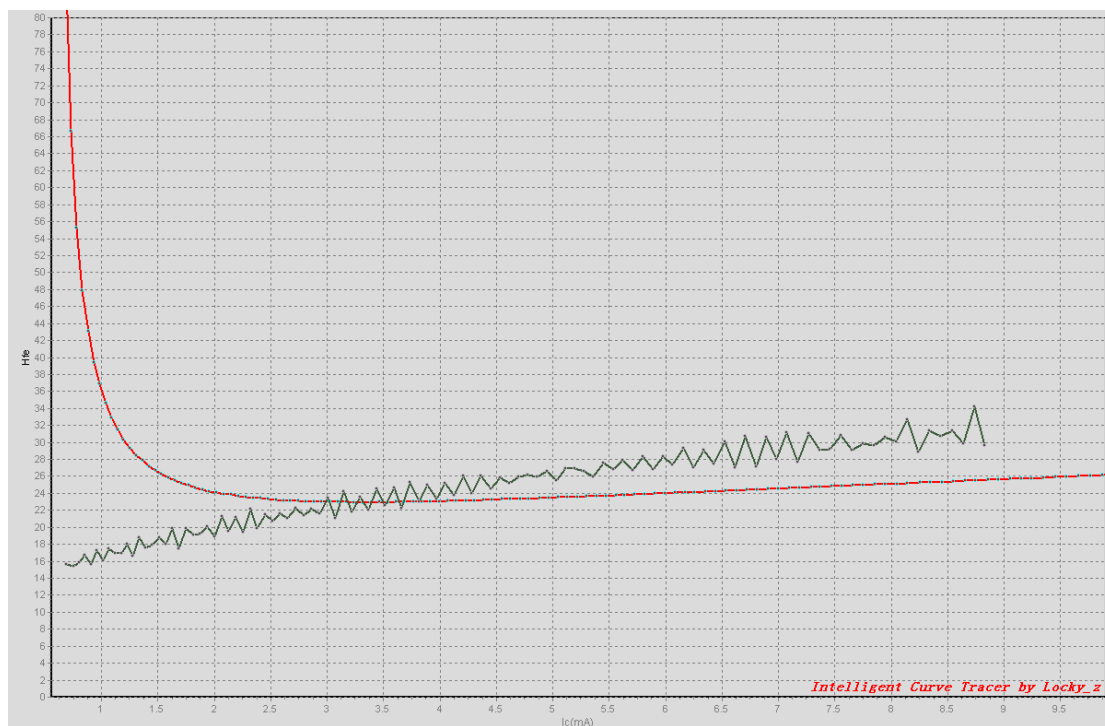
200

d=StopWatch()

Init

EndCurve "Ge  $H_{fe}$ - $I_c$ "

notice "Time:",d



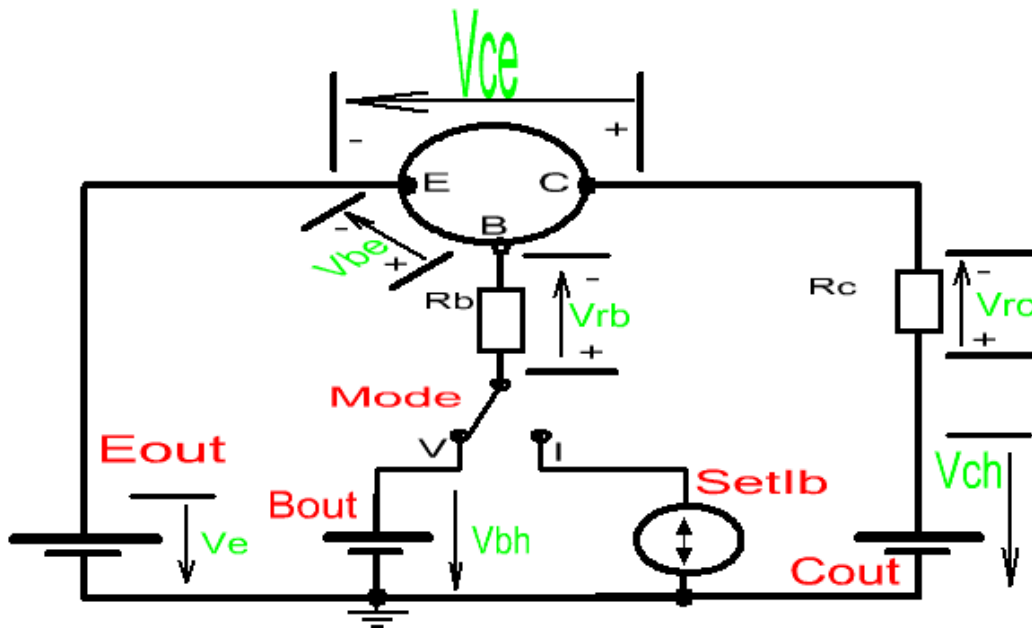
用兩種方法測量中國鍺管 3AD4(Ge PNP  $B_{vceo}=30V$ ,  $1.5A10W$ )，

紅色是用通常  $H_{fe}=I_c/I_b$  方法測到的  $H_{fe}$ - $I_c$  曲線，這種方法沒有扣除  $I_{ceo}$  影響，導致在小電流下測得的  $H_{fe}$  偏高。

綠色線是用  $h_{fe}=(I_c-I_{c0})/(I_b-I_{b0})$  測的  $H_{fe}$ - $I_c$  曲線，這種方法扣除了  $I_{ceo}$  影響，因此測到的  $H_{fe}$  較準確。

但為啥出現測量抖動，我也不清楚原因

另外一個測量二極體的例子：



二極體只接在 CE 之間，B 是懸空的，因此不用理會中間的 RB/Bout 電壓源/SetIb 電流源/mode 這個開關。  
腳本用 Eout 語句控制電壓源 Eout 輸出固定的 2.5V，用 Cout 語句控制電壓源 Cout 輸出從 2.5V 遞增到 36V 的輸出電壓，那麼也就是相當於被測插座 C/E 之間的電壓從 0 ( $2.5-2.5=0$ ) 遞增到 33.5V ( $36-2.5=33.5$ )。每改變一次 Cout 電壓，就測出 Vrc 電壓，因為知道 Rc 電阻的值，就可以知道 Rc 上的電流，它也是流過被測二極體上的電流。同樣測出 Vce 的值，它也是被測二極體兩端電壓，然後根據 Vce 和電流，就得到二極體 VI 曲線上的一點，連續多點連起來，就是一條二極體的 VI 曲線。  
如果用不同的 RC 量程電阻，就可以測量不同電流範圍的曲線了。

```
d=IsOnline()      這是判斷圖示儀是否連線
if d=1 then goto 100  如果連線，就跳到行號是 100 的語句去執行
msgBox "no online"  如果沒有連線，提示一下資訊'no online' 然後執行 end 終止腳本
end

100              行號 100
Calibration      執行圖示儀校正
Vo=2.5
Eout Vo          設置 E 通道輸出 2.5V
SetRC 2          選擇電流量程電阻第 2 檔 (0 檔時的量程電阻是 5 歐，1 檔是 75 歐，2 檔是 1K，
3 檔是 12K)，這主要是限制輸出電流，以及通過測出該電阻上的壓降以便得到通過被測管的電流。執行完這語
句後，系統會同時將量程電阻的阻值更新系統變數 CurrentRC。
WaitRelay        等待繼電器穩定，實際操作是延時 20ms。
for VC=Vo to 36 step 0.5  設置迴圈，準備控制 C 通道輸出 VC 從 2.5V 遞增到 36V，遞增幅度是 0.5V
Cout VC          C 通道輸出控制電壓 VC
GetADC           進行 ADC 取樣，執行後，系統會測出 7 個電壓：Vbh/Vch/Ve/Vrc/Vrb/Vce/Vbe,
```

並更新系統變數  $V_e$ 、 $V_{ch}$ 、 $V_{bh}$ 、 $V_{be}$ 、 $V_{ce}$ 、 $V_{rb}$ 、 $V_{rc}$ 。系統變數  $V_e$  保存的是測量到的 E 通道的電壓/ $V_{ch}$  保存的是測量到的 C 通道的輸出電壓/ $V_{bh}$  保存的是測量到的 B 通道的輸出電壓/ $V_{rc}$  保存的是測量到的串聯在 C 通道上的電流量程電阻  $R_C$  上的電壓/ $V_{rb}$  保存的是測量到的串聯在 B 通道上的電流量程電阻  $R_B$  上的電壓/ $V_{be}$  保存的是測量到的插座 B 和插座 E 之間的電壓// $V_{ce}$  保存的是測量到的插座 C 和插座 E 之間的電壓/

$I_c = V_{rc} / \text{CurrentRC}$       計算 C 通道的電流，系統變數  $\text{CurrentRC}$  保存的是 C 通道串聯的量程電阻的阻值， $V_{rc}$  是該電阻上的壓降，通過計算就可以得出流過 C 通道的電流了，這個電流也就是通過被測二極體的電流。  
 $\text{CurvePoint "Diode ", } V_{ce}, I_c * 1000$       這語句是描出一點，座標 X 的值是  $V_{ce}$  變數的值，座標 Y 是  $I_c$  的值 \* 1000，也就是變成 mA 為單位。  
 $\text{next}$       迴圈對應語句  
 $\text{EndCurve "Diode "}$       將所有點連接起來並顯示出來