

Hochschule Karlsruhe - Technik und Wirtschaft
Fakultät Elektro- und Informationstechnik
Messtechnik-Labor
Messwerterfassung mit Digitalmultimeter und
Fehlerrechnung

Prof. Dr. rer. nat. K. Wolfrum

B. Bockstahler, H. Luckhardt, A. Sander

18. Oktober 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Lernziele	2
2	Grundlagen	3
2.1	Einführung RS232-Schnittstelle	3
2.2	Virtueller COM-Port	3
2.3	Tischmultimeter Escort 3136A	4
2.4	Widerstandsmessung mit der Zweileitermethode	5
3	Versuchsvorbereitung	7
3.1	Bedienung der Software Scilab	7
3.2	Bedienung des digitalen Tischmultimeters Escort 3136A	8
4	Versuchsdurchführung	9
4.1	Ansprechen der Schnittstelle	9
4.2	Arbeiten mit der Schnittstelle	11
4.3	Widerstandsmessung mit Zweileitermethode	14
4.4	Halbautomatisierte Messung	16
4.5	Strom- und spannungsrichtige Messung eines Widerstands	23

Name	Matrikel-Nr.	Versuchstermin

1 Lernziele

- Kennenlernen der Grundlagen der Messtechnik
- Umgang mit einem Digitalmultimeter
 - Vornehmen der Grundeinstellungen
 - Nullpunktkorrektur
 - Vornehmen verschiedener Einstellungen über die serielle Schnittstelle
 - Messung von Strömen, Spannungen und Widerständen
- Umgang mit der seriellen Schnittstelle RS232 unter Linux
 - Einstellen der Schnittstelle
 - Kennenlernen der prinzipiellen Vorgehensweise
 - Manuelles Auslesen von Daten
- Verwendung der Software Scilab
 - Kennenlernen der Software und einzelner Funktionen
 - Ansprechen der seriellen Schnittstelle
 - Verwendung der Grafischen Benutzeroberfläche („Auto-Measurement-GUI“) zum automatisierten Auslesen und Auswerten von Messdaten über die serielle Schnittstelle
- Widerstandsmessung
 - Vergleichen von strom- und spannungsrichtigen Messschaltungen
- Messabweichungen und Fehlerrechnung
 - Berechnung und Beurteilung der Kennwerte „Mittelwert“, „Median“ und der „Standardabweichung“ sowie Erfahren des Einflusses der Messwertanzahl auf diese Kennwerte
 - Beurteilung und Erfahren der Einflussnahme der systematischen und statistischen Messfehler

2 Grundlagen

2.1 Einführung RS232-Schnittstelle

Die serielle Schnittstelle dient zum Datenaustausch zwischen Computer und einem Peripheriegerät. Eine RS-232 Schnittstelle arbeitet (bit-)seriell mit je einer Datenleitung für beide Übertragungsrichtungen. Das heißt, die Bits werden nacheinander auf einer Leitung übertragen, wobei in der Regel 8 Datenbits von einem Startbit und mindestens einem Stopbit eingerahmt werden. Weitere moderne serielle Schnittstellen sind z. B. Ethernet, USB, Firewire, CAN-Bus oder RS-485. In diesem Versuch soll nun der grundlegende Umgang mit dieser Schnittstelle gezeigt werden. Für diesen Versuch wird ein USB-Seriell Adapter verwendet, wie in Abbildung 1 dargestellt.



Abbildung 1: USB-Serial Adapter

2.2 Virtueller COM-Port

Um mit der Schnittstelle arbeiten zu können muss ein virtueller COM-Port angelegt werden. Dieser ist notwendig, da mit einem USB-Seriell Adapter gearbeitet wird. Somit wird aus einem USB Anschluss ein (virtueller) serieller Anschluss.

Im Unterschied zu Windows behandelt Linux die seriellen Ports als Dateien. Diese können wie gewohnt geöffnet, geschlossen, gelesen, beschrieben etc. werden. Der hauptsächliche Unterschied zu „normalen“ Dateien besteht darin, dass in diesen sogenannten „Device-Dateien“ (Geräte-dateien) keine Daten stehen, sondern direkt auf das angeschlossene Peripheriegerät zugegriffen wird. Aus diesem Grund wird häufig nicht mehr zwischen Gerät und Geräte-datei unterschieden, sondern einfach der Begriff „Device“ verwendet.

Linux vergibt die USB Ports bei jedem Anschließen des Gerätes neu, d.h. vor jedem Öffnen des COM-Ports muss überprüft werden auf welchem USB-Port das betreffende Gerät angeschlossen ist. Dies geschieht unter Verwendung des Linux Konsolenfensters.

Linux Konsole (Terminal) starten -> Befehl `<dmesg>` eingeben

2.3 Tischmultimeter Escort 3136A

Das Escort 3136A Tischmultimeter ist ein einfach zu bedienendes Messgerät und vielseitig einsetzbar. Abbildungen 2, 3 zeigen Front- und Rückansicht des Geräts. Die Hauptfunktionen sind:

- 1 μV Auflösung bei V_{DC} Messung
- Berechnung der RMS-Werte („Echter“ Effektivwert) für $V_{AC} + V_{DC}$ bzw. $A_{AC} + A_{DC}$
- Widerstandsmessung mittels Zweileitermethode
- Frequenzmessung bis zu 1 MHz
- Fernsteuerung über RS-232 Schnittstelle

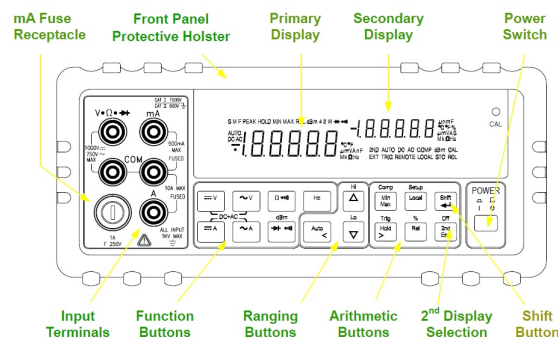
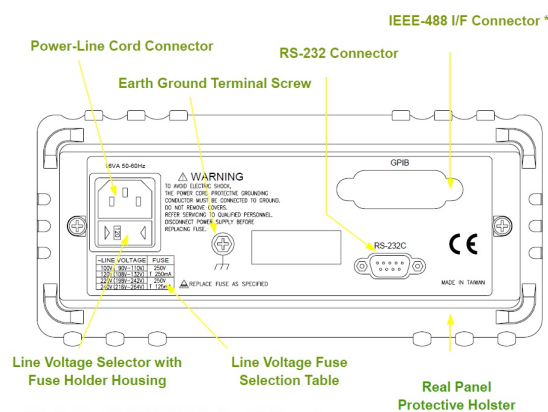


Abbildung 2: ESCORT 3136A Vorderseite



*Available with IEEE-488 Interface Option only.
Otherwise covered with Plastic Decal.

Abbildung 3: ESCORT 3136A Rückseite

2.4 Widerstandsmessung mit der Zweileitermethode

Prinzipiell gibt es für die direkte Messung mittels der Zweileitermethode drei Möglichkeiten:

1. Widerstand an einer idealen Stromquelle

Der zu messende Widerstand R_x wird von einem konstanten Strom durchflossen, der Spannungsabfall am Widerstand ist proportional zum Widerstandswert.

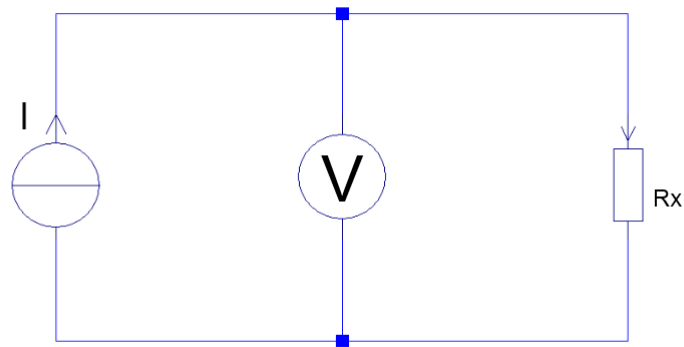


Abbildung 4: Widerstand an einer idealen Stromquelle

2. Widerstand an einer idealen Spannungsquelle

Der zu messende Widerstand wird an eine konstante Spannung gelegt. Der Strom durch den Widerstand ist proportional zum Leitwert ($G = 1/R_x$).

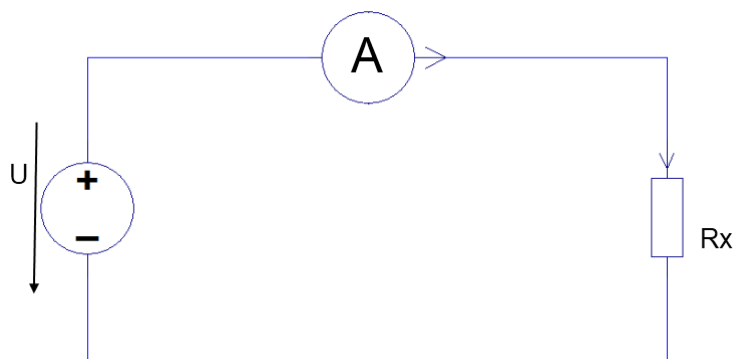


Abbildung 5: Widerstand an einer idealen Spannungsquelle

3. Widerstand an einer realen Spannungsquelle

Der zu messende Widerstand wird an eine reale Spannungsquelle mit Quellenspannung und Innenwiderstand angeschlossen. Aus der Messung des Stroms durch den Widerstand sowie der am Widerstand abfallenden Spannung kann der Widerstandswert bestimmt werden.

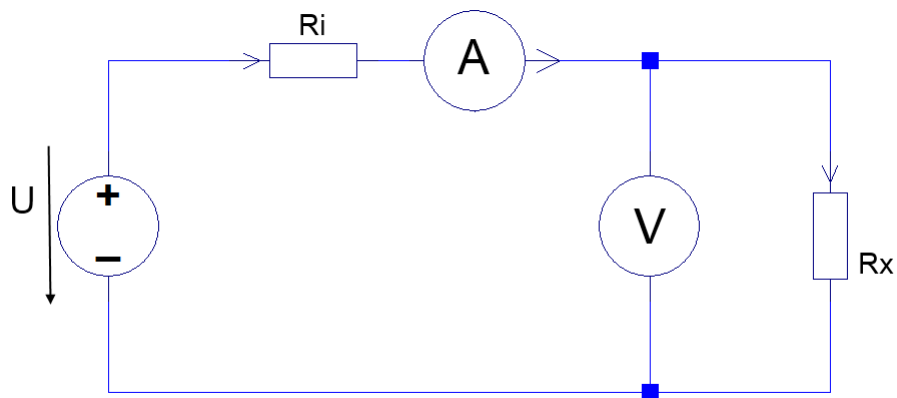


Abbildung 6: Widerstand an einer realen Spannungsquelle

3 Versuchsvorbereitung

3.1 Bedienung der Software Scilab

Auf den Workstations im Messtechnik-Labor ist die Software Scilab installiert. Zur Versuchsvorbereitung ist es hilfreich, die Software auf dem eigenen Notebook/PC zu installieren und sich mit der Bedienung vertraut zu machen. Vorkenntnisse in MATLAB erleichtern den Einstieg in Scilab.

- Laden Sie die neueste Version der kostenlosen Software Scilab für das von Ihnen verwendete Betriebssystem unter nachfolgender Adresse herunter und installieren Sie die Anwendung auf ihrem privaten Notebook/PC.

Download Scilab 5.3.0 → <http://www.scilab.org/products/scilab/download>

- Laden Sie sich die aktuelle Scilab-Hilfe unter nachfolgender Adresse herunter. Alternativ können Sie auch die in Scilab enthaltene Hilfe verwenden.

Download Scilab-Hilfe →
<http://www.scilab.org/support/documentation/manuals>

Aufruf der Hilfe auf der Scilab-Konsole → Befehl <help> eingeben

- Versuchen Sie einfache Operationen/Funktionen in Scilab zu verwenden:
 - Einfache Rechenoperationen (Addition, Subtraktion, Multiplikation Division)
 - Anlegen von Variablen
 - Rechnen mit Variablen (Addition, Subtraktion, Multiplikation, Division)
 - Anlegen von Matrizen
 - Zugriff auf einzelne Felder von Matrizen, Extraktion von Werten aus Matrizen

Hinweis: Komma-, Doppelpunkt-Operator (comma-, colon-operator)
Elementweise Berechnungen mit Werten in Matrizen
Hinweis: Punkt-Operator (dot-operator)
- Lesen Sie die Versuchsanleitung und notieren Sie sich die in den Versuchen verwendeten Scilab-Befehle. Versuchen Sie, die vorgenannten Befehle anhand der Scilab-Hilfe zu verstehen und wenden Sie sie auf einfache, eigens erdachte Beispiele/Matrizen/Variablen in Scilab an.
- Lesen Sie die Beschreibung zur Bedienung der graphischen Benutzeroberfläche.

3.2 Bedienung des digitalen Tischmultimeters Escort 3136A

Bereiten Sie anhand der Bedienungsanleitung des digitalen Multimeters Escort 3136A vor, wie Sie

- Spannungs-, Strom- und Widerstandsmessung am Multimeter einstellen,
- eine Nullpunktkorrektur vornehmen, um einen Nullpunktfehler (Offset) zu kompensieren,
- die Vorgabewerte für die serielle Schnittstelle am Multimeter einstellen (Baud-Rate, Parity, Data-Bit, Stop-Bit, Echo und Printer-Only).

Lesen Sie den Abschnitt <RS232 Remote Operation> in der Bedienungsanleitung des Multimeters und notieren Sie sich die für die verschiedenen Versuche benötigten KEY, SET und QUERY-Befehle.

Hinweis: Wird im Display des Multimeters „Remote“ angezeigt, so befindet sich das Multimeter im Fernbedienungsmodus. In diesem Modus sind einige Tasten am Multimeter ohne Funktion. Durch Drücken der Taste „Local“ am Multimeter können Sie den Fernbedienungsmodus verlassen.

4 Versuchsdurchführung

4.1 Ansprechen der Schnittstelle

4.1.1 Grundeinstellung des digitalen Multimeters

Für den ersten Versuchsteil wird nur ein Multimeter benötigt. Damit Scilab über die Schnittstelle einwandfrei kommunizieren kann, müssen die Grundeinstellungen des Messgeräts überprüft werden. Hierzu sind folgende manuelle Eingaben auf den Tasten des Geräts notwendig:

Öffnen Sie das Menü des Multimeters.

- Shift → Setup
- RS232 auswählen und mit Shift/Enter bestätigen
- mit ▽-Taste folgende Einstellungen anwählen:
 - baud = 9600
 - parity = none
 - data = 8 Bit
 - stop = 1 Bit
 - echo = off
 - print = off

Ändern der Werte unter Verwendung von:

- mit ◀▶ Wert ändern
- Bestätigen mit Shift/Enter
- Menü verlassen mit ESC

Überprüfen Sie die Einstellungen in beiden Multimetern. Deaktivieren Sie vor allem die akustische Tastatur-Quittierung durch Abschalten im Menüpunkt „Beep → Off“.

4.1.2 Grundeinstellungen Scilab

Bitte melden Sie sich an den Rechnern mit den jeweiligen Benutzernamen (mt-labXX) an. Das Passwort ist identisch mit dem Benutzernamen.

Starten Sie bitte das Programm SCILAB, zu finden auf der Arbeitsfläche. Es öffnet sich die Scilab-Konsole, über die Befehle direkt ein- und ausgegeben werden können. Zuerst soll das aktuelle Arbeitsverzeichnis angezeigt werden. Hierzu geben Sie in der Scilab-Konsole den

Befehl: `pwd`

ein. Das Arbeitsverzeichnis muss nun auf einen anderen Pfad umgestellt werden. Dies kann in Scilab mit dem

Befehl: `cd('/home/mt-labXX/Versuch_DMM/Auto-Measurement-GUI')`

ausgeführt werden. Der Pfad muss unbedingt auf den von Ihnen verwendeten PC angepasst werden. Überprüfen Sie Ihre Einstellung wiederum mit dem Befehl `<pwd>`.

Nun ist das Arbeitsverzeichnis so eingestellt, dass die gemessenen Daten als Textdatei im Verzeichnis „/home/mt-labXX/Versuch_DMM/Auto-Measurement-GUI“ gespeichert werden können. In diesem Verzeichnis befindet sich zudem die Scriptdatei zum Starten der grafischen Benutzeroberfläche des Tools zum Erfassen der Messwerte.

Achten Sie bei der Eingabe auf die korrekte Groß-/Kleinschreibung der Pfade. Im Gegensatz zu Windows kennt und respektiert Linux den Unterschied zwischen Groß- und Kleinbuchstaben.

Falls es zu Problemen mit der Scilab Konsole kommt und diese geschlossen wird, müssen die oben genannten Schritte wiederholt werden.

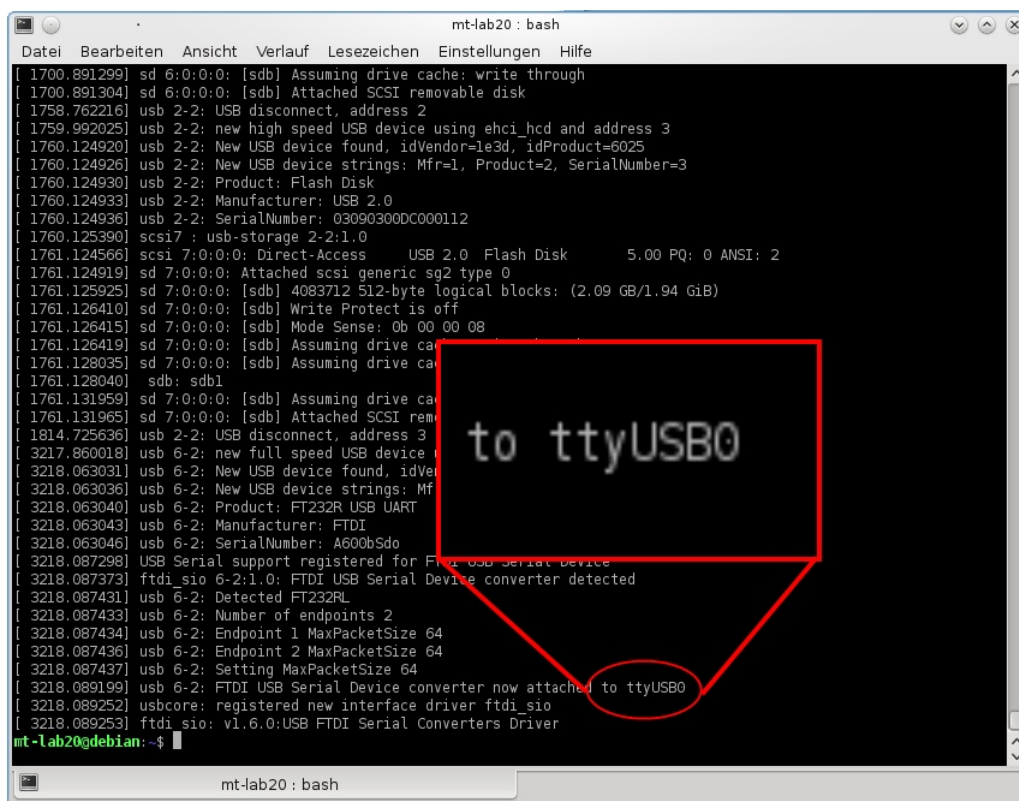
4.2 Arbeiten mit der Schnittstelle

4.2.1 Bestimmen des USB-Ports über die Linux Konsole

Öffnen Sie hierzu die Linux Konsole (zu finden auf der Arbeitsfläche). Die beiden Multimeter sind an dem PC angeschlossen. Mit dem

Befehl: `dmesg`

können Sie die in Linux verwendete USB-Ports auslesen. In der nachfolgenden Abbildung ist dies `<ttyUSB0>`. Unter Linux wird die serielle Schnittstelle wie eine Datei behandelt (siehe Grundlagen). Diese Device-Dateien haben die Pfade `</dev/ttyUSB0>` und `</dev/ttyUSB1>`.



```
mt-lab20: bash
Datei Bearbeiten Ansicht Verlauf Lesezeichen Einstellungen Hilfe
[ 1700.891299] sd 6:0:0:0: [sdb] Assuming drive cache: write through
[ 1700.891304] sd 6:0:0:0: [sdb] Attached SCSI removable disk
[ 1758.762216] usb 2-2: USB disconnect, address 2
[ 1759.992025] usb 2-2: new high speed USB device using ehci_hcd and address 3
[ 1760.124920] usb 2-2: New USB device found, idVendor=1e3d, idProduct=6025
[ 1760.124926] usb 2-2: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber=3
[ 1760.124930] usb 2-2: Product: Flash Disk
[ 1760.124933] usb 2-2: Manufacturer: USB 2.0
[ 1760.124936] usb 2-2: SerialNumber: 03090300DC000112
[ 1760.125390] scsi7 : usb-storage 2-2:1.0
[ 1761.124566] scsi 7:0:0:0: Direct-Access    USB 2.0   Flash Disk           5.00 PQ: 0 ANSI: 2
[ 1761.124919] sd 7:0:0:0: Attached scsi generic sg2 type 0
[ 1761.125925] sd 7:0:0:0: [sdb] 4083712 512-byte logical blocks: (2.09 GB/1.94 GiB)
[ 1761.126410] sd 7:0:0:0: [sdb] Write Protect is off
[ 1761.126415] sd 7:0:0:0: [sdb] Mode Sense: 0b 00 00 08
[ 1761.126419] sd 7:0:0:0: [sdb] Assuming drive cache: write back
[ 1761.128035] sd 7:0:0:0: [sdb] Assuming drive cache: write back
[ 1761.128040] sdb: sdb1
[ 1761.131950] sd 7:0:0:0: [sdb] Assuming drive cache: write back
[ 1761.131965] sd 7:0:0:0: [sdb] Attached SCSI removable disk
[ 1814.725636] usb 2-2: USB disconnect, address 3
[ 3217.860018] usb 6-2: new full speed USB device using ehci_hcd and address 1
[ 3218.063031] usb 6-2: New USB device found, idVendor=ftdi, idProduct=232r
[ 3218.063036] usb 6-2: New USB device strings: Mfr=1, Product=2, SerialNumber=1
[ 3218.063040] usb 6-2: Product: FT232RL USB UART
[ 3218.063043] usb 6-2: Manufacturer: FTDI
[ 3218.063046] usb 6-2: SerialNumber: A600bSdo
[ 3218.087298] USB Serial support registered for FTDI USB Serial Device
[ 3218.087373] ftdi_sio 6-2:1.0: FTDI USB Serial Device converter detected
[ 3218.087431] usb 6-2: Detected FT232RL
[ 3218.087433] usb 6-2: Number of endpoints 2
[ 3218.087434] usb 6-2: Endpoint 1 MaxPacketSize 64
[ 3218.087436] usb 6-2: Endpoint 2 MaxPacketSize 64
[ 3218.087437] usb 6-2: Setting MaxPacketSize 64
[ 3218.089199] usb 6-2: FTDI USB Serial Device converter now attached to ttyUSB0
[ 3218.089252] usbcore: registered new interface driver ftdi_sio
[ 3218.089253] ftdi_sio: v1.6.0:USB FTDI Serial Converters Driver
mt-lab20@debian:~$
```

Abbildung 7: Linux Konsole

Im Folgenden soll nun die serielle Schnittstelle über Scilab angesprochen werden. Dabei nehmen Sie bitte entweder den `<ttyUSB0>` oder den `<ttyUSB1>`. Die nachfolgend beschriebenen Schritte liegen auch der automatisierten Kommunikation, die im Skript der Auto-Measurement-GUI verwendet wird, zugrunde.

4.2.2 Grundprinzip

- 1) **Öffnen des COM-Ports**
Befehl: `mopen()`
- 2) **in Datei schreiben**
Befehl: `mfprintf()`
- 3) **Datei auslesen**
Befehl: `mfscanf()`
- 4) **Port schließen**
Befehl: `mclose()`

Dieses Grundprinzip muss **immer** befolgt werden. Wenn Sie erneut in eine bereits geöffnete Gerätedatei schreiben wollen, müssen Sie diese zuvor immer erst schließen und wieder neu öffnen (die Pfeiltasten auf der Tastatur sind dabei sehr hilfreich).

4.2.3 Beispiel am Reset-Befehl (Multimeter zurücksetzen)

- 1) **Port Öffnen**
Befehl: `fd=mopen('/dev/ttyUSBX','w+',0)`
→ `fd = 1`
- 2) **In Datei schreiben**
Befehl: `mfprintf(fd,'RST'+char(13))`
→ Reset vom Gerät

Die von `mopen` zurückgelieferte Variable `fd` ist ähnlich einem Dateizeiger in der Programmiersprache C. Mit `fd` wird die geöffnete Schnittstelle/Datei adressiert. `RST` ist der eigentliche Befehl zum Zurücksetzen des Multimeters, jede Befehlssequenz muss mit einem CR (ASCII-Code 13) abgeschlossen werden.

- 3) **Datei auslesen**
Befehl: `mfscanf(fd,'%s')`
→ `ans =` => (Befehl wurde ohne Fehler ausgeführt)
- 4) **Port schließen**
Befehl: `mclose(fd)`
→ `ans = 0`

4.2.4 Firmware-Version auslesen

Lassen Sie sich nun unter Verwendung des Grundprinzips/Beispiels die Firmware-Version des Gerätes auf der Scilab-Konsole ausgeben und notieren Sie die verwendeten Befehle und die Ausgabe der Konsole.

Hinweis: Die notwendigen Befehle finden Sie in Kapitel „RS-232 Remote operation“ der Dokumentation des Tischmultimeters Escort 3136A.

	Bezeichnung	Verwendetes Kommando des Multimeters	Verwendeter Scilab-Befehl	Ausgabe Scilab
1.	Port öffnen			
2.	In Datei schreiben			
3.	Datei auslesen			
4.	Port schließen			

4.3 Widerstandsmessung mit Zweileitermethode

In diesem Versuchsteil sollen Sie eine Zweileiter-Widerstandsmessung über die serielle Schnittstelle selbständig mit Hilfe der Scilab-Konsole durchführen. Bevor die eigentliche Widerstandsmessung durchgeführt werden kann, muss zunächst eine Nullpunktkorrektur durchgeführt werden.

Die entsprechenden Key- und Query - Commands müssen Sie der Beschreibung des Multimeters Escort 3136A entnehmen. Die folgenden Einstellungen für eine korrekte Bestimmung des Widerstandes müssen in der beschriebenen Reihenfolge durchgeführt werden. Dies geschieht ebenfalls nach dem in 4.2.1 geschilderten Grundprinzip.

Verwenden Sie als zu messenden Widerstand den in den späteren Versuchsteilen verwendeten Kontaktwiderstand von Relay_2 (Industrie-Relais) auf der Versuchsplatine (siehe Abb. 8 und 9).

Arbeitsschritte:

1. Öffnen des Ports
2. Messgerät auf Widerstandsmessung einstellen (Key-Command)
3. Nullpunktkorrektur (REL) (Key-Command) (natürlich mit kurzgeschlossenen Messkabeln !)
4. Messgerät an die Relais-Arbeitskontakte anschließen, Relais einschalten
5. Lesen Sie das Primary Display ein
6. Lassen Sie sich den angezeigten Wert in der Scilab-Konsole anzeigen:

$R =$ _____

7. Schließen Sie den Port

Unter Punkt 3 nehmen Sie eine Nullpunktkorrektur vor. Aus welchen Gründen müssen Sie das tun?

In die nachfolgende Tabelle tragen Sie bitte die verwendeten Befehle und den ermittelten Widerstandswert ein. Sollten Sie zu wenig Platz in der Tabelle haben, verwenden Sie den Platz unter der Tabelle.

Hinweis: Sollte die Kommunikation fehlschlagen, verwenden Sie nach jedem Kommando des Multimeters das Grundprinzip aus Abschnitt 4.2.2.

	Bezeichnung	Verwendetes Kommando des Multimeters	Verwendeter Scilab-Befehl	Ausgabe Scilab
1.	Port öffnen			
2.	In Datei schreiben (Widerstandsmessung)			
3.	In Datei schreiben (Nullpunkt-korrektur)			
5.	Einlesen des Primary Displays			
6.	Datei auslesen			
7.	Port schließen			

4.4 Halbautomatisierte Messung

Grundsätzlich können mit den oben kennengelernten Befehlssequenzen beliebig lange Messreihen durchgeführt werden. Um die Handhabung zu erleichtern, wurden die Befehlssequenzen in kleine Unterprogramme gepackt, die durch Schaltflächen einer GUI gestartet werden können. Damit sind einfach halb- und vollautomatische Messungen durchführbar.

4.4.1 Versuchsplatine

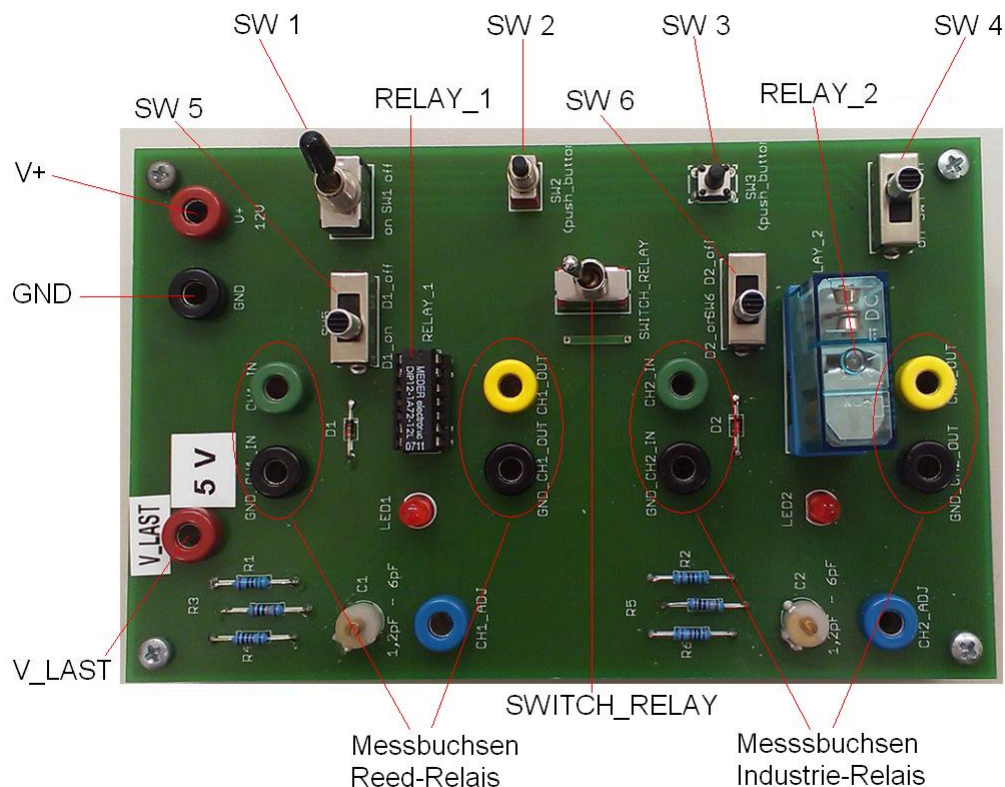


Abbildung 8: Verwendete Relaisplatine

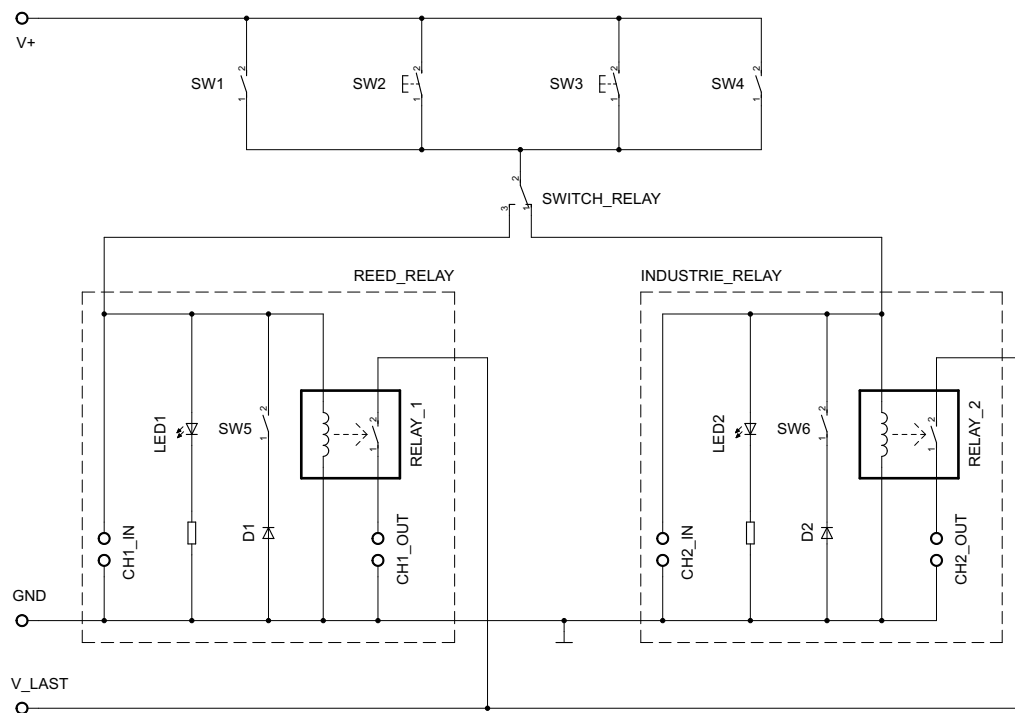


Abbildung 9: Schaltplan Laborplatine

Die Versorgungsspannung der Relaisplatine („Steuerspannung“) ist auf $+12V_{DC}$ einzustellen und an die Anschlüsse V_+ und GND anzulegen (Abb. 8, oben links). Die Lastspannung ist auf $+5V_{DC}$ einzustellen und über die Anschlüsse V_Last und GND anzuschließen.

4.4.2 Starten der graphischen Benutzeroberfläche (GUI)

Die Skriptausführung der graphischen Benutzeroberfläche (GUI) starten Sie über die Konsole in Scilab (Voraussetzung: korrekt eingestelltes Arbeitsverzeichnis):

Befehl: `exec('GUI_DMM.sce',-1)`

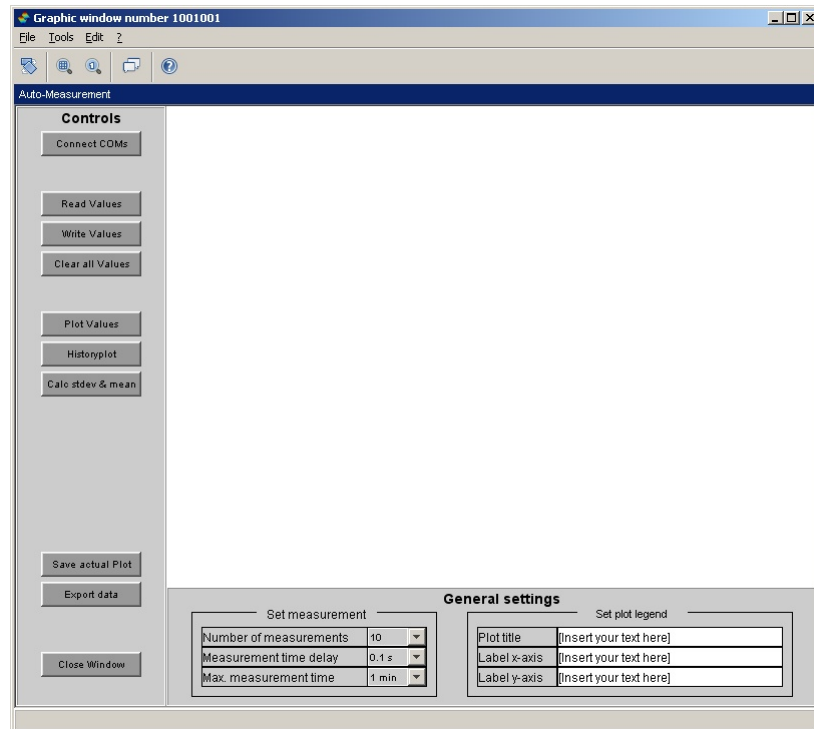


Abbildung 10: GUI Bedienoberfläche

Beachten Sie die im Anhang befindliche Beschreibung zur Bedienung der GUI. Die verschiedenen Schaltflächen und Funktionen der GUI sind hier beschrieben.

Sie können - falls Sie ausreichende Zeitreserven während des Laborversuchs haben - die verschiedenen Funktionen der GUI anhand der Laborplatine oder eines Widerstandes (oder anderen Zweipols) ausprobieren. Einige Beispiele hierzu finden Sie ebenfalls in der Beschreibung zur Bedienung der GUI.

Hinweis 1: Sie können jederzeit die Inhalte der Variablen „result“ und „output“ in der Scilab-Konsole ausgeben lassen, indem Sie die Namen der Variablen in die Konsole eingeben.

Hinweis 2: Sie haben über die Schaltfläche „Export data“ jederzeit die Möglichkeit, die Daten in der Variablen „output“ in einer CSV-Datei zu speichern.

Hinweis 3: Beim Start der GUI werden alle Variablen im Workspace von Scilab gelöscht. Die Schaltfläche „Clear all Values“ löscht nur die Variablen „result“ und „output“.

4.4.3 Anschluss und Einstellung der Multimeter

Bevor Sie den Versuchsaufbau beginnen, müssen Sie beide Multimeter eingeschaltet haben. Achten Sie bei beiden Multimetern auf korrekte Verbindung der seriellen Leitungen und Adapter, sonst werden die Messgeräte nicht erkannt!

überprüfen Sie die Verbindungen anhand der Linux-Konsole (Befehl: dmesg) oder direkt in der GUI über die Schaltfläche „Connect COMs“.

Wenn beide Multimeter korrekt verbunden sind, betätigen Sie in der GUI die Schaltfläche „Connect COMs“. Das linke Messgerät ist das Voltmeter, das rechte das Amperemeter. An beiden Multimetern sollten Sie vor Versuchsbeginn eine Nullpunktkorrektur vornehmen - allerdings genügt es in diesem Fall, wenn Sie den entsprechenden Knopf am Multimeter betätigen (Fernbedienungsmodus/Remote muss inaktiv sein). Zudem müssen Sie Ihr Amperemessgerät per Hand auf den richtigen Messbereich einstellen.

4.4.4 Aufbau der Messschaltung

In diesem Versuchsteil sollen Sie den Kontaktwiderstand eines Relais bestimmen. Auf der Platine befinden sich zwei Relais, gemessen werden soll allerdings nur der Kontaktwiderstand von Relay_2 (Industrie-Relais). Die Auswahl des Relais wird über den Schalter „Switch_Relay“ vorgenommen (siehe Schaltplan Laborplatine). Wenn Sie an Ihrem Netzgerät eine Strombegrenzung einstellen können, stellen Sie diese auf 300 mA, und lassen Sie den Widerstand R_{x1} weg. Wenn Sie keine Strombegrenzung einstellen können, müssen Sie einen Widerstand R_{x1} mit entsprechendem Wert einfügen.

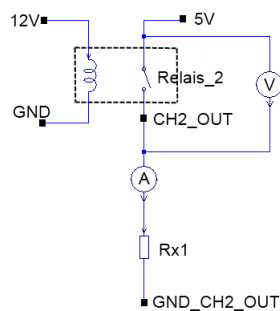


Abbildung 11: Schaltung zur Messung des Kontaktwiderstandes

4.4.5 Messung Kontaktwiderstand

Messen Sie den Kontaktwiderstand des Relais_2 für 10 Schaltvorgänge und notieren Sie sich die gemittelten Widerstandswerte mit den zugehörigen Standardabweichungen (Schaltfläche „Calc stdev & mean“). Nehmen Sie hierfür pro Schaltvorgang $N = 25$ Werte auf.

Hinweis: Beachten Sie, dass Sie die Variable „output“ vor jeder neuen Messung löschen müssen (Schaltfläche „Clear all Values“), sonst verfälschen Sie Ihre Ergebnisse!

Schaltvorgang	Anzahl N	gemittelter Widerstand	Standardabweichung
1.	25		
2.	25		
3.	25		
4.	25		
5.	25		
6.	25		
7.	25		
8.	25		
9.	25		
10.	25		

4.4.6 Plotten der Messergebnisse und Standardabweichung

Nun sollen die gemessenen Werte in Scilab weiterverarbeitet werden.

Hinweis: Ist die GUI nicht mehr geöffnet, so wird ein neues Plot-Fenster geöffnet und Sie können den Plot nicht speichern und die Achsen- und Titelbezeichnungen nicht editieren.

Gehen Sie wie folgt vor:

1. **Löschen sie eventuell vorhandene Werte.**
Hinweis: „Clear all Values“
2. **Bezeichnen Sie die Achsen und benennen Sie das Diagramm.**
Hinweis: „Set plot legend“
3. **Aktivieren Sie die Plot-Funktionalität.**
Hinweis: „Plot Values“ oder „Plot Histogram“
4. **Erstellen Sie einen Zeilenvektor mit den gemessenen Widerstands-Mittelwerten.**
Hinweis: $R=[10.1,10.2,10.3,10.4,10.5,\dots]$
5. **Erstellen Sie einen Zeilenvektor mit den berechneten Standardabweichungen. Achten Sie auf die korrekte Reihenfolge passend zum Widerstandsvektor unter Punkt 4.**
Hinweis: $STD=[0.11,0.12,0.13,0.14,0.15,\dots]$
6. **Erstellen Sie einen Zeilenvektor X mit Zahlen von 1 bis M für $M=10$.**
Hinweis: $X=1:1:M$
7. **Plotten Sie den Widerstandsvektor über dem Vektor X. Achten Sie auf eine sinnvolle (!) Einstellung des Plot-Fensters.**
Hinweis: `plot2d(X,R,style=-2,rect=[0,mean(R)*0.95,length(R)+1,mean(R)*1.05])`
8. **Plotten Sie die Standardabweichung in die vorhandene Grafik hinein.**
Hinweis: `errbar(X,R,STD,STD)`
9. **Plotten Sie den Mittelwert aus allen Messungen als horizontale Gerade in die Grafik hinein.**
Hinweis: `plot2d(X,mean(R).*ones(X),style=5)`
10. **Speichern Sie die Grafik**

Hinweis: Ihre Grafik sollte Ähnlichkeit mit Abbildung 12 haben.

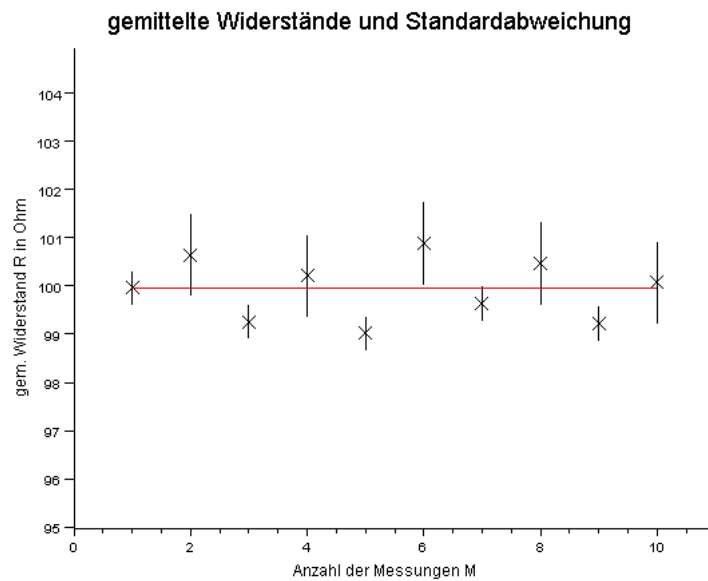


Abbildung 12: Beispiel gemittelte Widerstände und Standardabweichung

Welche Aussage über den Kontaktwiderstand des Relais kann man aus der grafischen Auftragung folgern?

4.5 Strom- und spannungsrichtige Messung eines Widerstands

4.5.1 Spannungsrichtige Messung

Hinweis: Um Fehler und Schwierigkeiten zu vermeiden, sollten Sie die GUI vor dem Beginn dieses Versuchsteils schließen und nochmals öffnen. Damit wird sichergestellt, dass keine ungewünschten Variablen mehr im Scilab-Workspace verbleiben.

Bauen Sie die spannungsrichtige Messung gemäß dem Schaltplan in Abb. 13 auf. Nehmen Sie 10 Messwerte über die GUI auf und speichern Sie die ermittelten Werte aus dem „output“-Vektor in zwei einzelnen Vektoren (Strom und Spannung) ab. Z.B. U_u und I_u (Index u für spannungsrichtig).

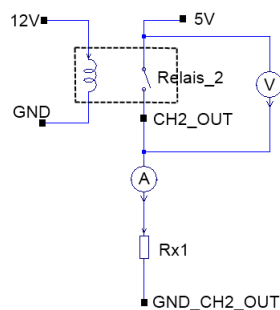


Abbildung 13: Schaltung für spannungsrichtige Messung

4.5.2 Stromrichtige Messung

Bauen Sie die stromrichtige Messung gemäß dem Schaltplan in Abb. 14 auf. Nehmen Sie 10 Messwerte über die GUI auf und speichern Sie die ermittelten Werte aus dem „output“-Vektor in zwei einzelnen Vektoren (Strom und Spannung) ab. z.B. U_i und I_i (Index i für stromrichtig).

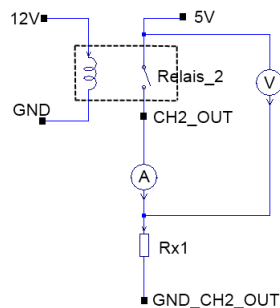


Abbildung 14: Schaltung für stromrichtige Messung

4.5.3 Berechnungen in Scilab

Sie haben aus den beiden vorherigen Aufgaben (4.5.1 und 4.5.2) insgesamt vier Vektoren abgespeichert. Nun sollen Sie aus diesen Vektoren mit Hilfe von Scilab zwei verschiedene Widerstandswerte berechnen und miteinander vergleichen. Berechnen Sie jeweils $R = U/I$ und bestimmen Sie die jeweiligen Mittelwerte in Scilab (Vektoroperation). In jedem Vektor stehen 10 Werte, tragen Sie bitte jeweils nur den Mittelwert, den Median und die Standardabweichung der berechneten Widerstände in die Tabelle ein.

Hinweis: Mittelwert → help mean
 Median → help median
 Standardabweichung → help stdev

		Widerstand R		
	Berechnung	Mittelwert	Median	Standard-abweichung
1.	U_u / I_u			
2.	U_i / I_i			

Ermitteln Sie für die spannungsrichtige Messung mit Scilab die Mittelwerte und die empirischen Standardabweichungen der Spannungsmessungen und der Strommessungen:

$$\widetilde{U}_u = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\widetilde{I}_u = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$s_{U_u} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$s_{I_u} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Berechnen Sie daraus die empirische Standardabweichung des Widerstands (mit Angabe der Formel !):

$s_R =$ _____

und vergleichen Sie mit dem Wert in der Tabelle.

Welcher der in der Tabelle ermittelten Werte kommt dem wahren Wert des Kontaktwiderstands am nächsten?

Erläutern Sie, in welchen Fällen die stromrichtige bzw. die spannungsrichtige Messung den jeweils geringeren systematischen Fehler aufweist

Wie wird der Mittelwert berechnet?

Wie wird der Median berechnet?

Welche der beiden Größen wird durch „Ausreißer“ in den Messwerten stärker beeinflusst?

Anhang

Beschreibung Grafische Benutzeroberfläche (GUI) für Windows und Linux unter Scilab

Das vorliegende Tool dient zur automatisierten Erfassung von Messwerten über die serielle Schnittstelle der Multimeter Cosinus Escort 3136. Das Tool wurde komplett als Skript in Scilab geschrieben und hat zur besseren Übersichtlichkeit eine einfache, grafische Benutzeroberfläche (GUI).

Die Benutzeroberfläche ist in drei Bereiche aufgeteilt:

1. Controls

Innerhalb dieses Bereiches befinden sich die verschiedenen Schaltflächen zur Kontrolle und Steuerung der verschiedenen Funktionen der GUI.

2. General Settings

In diesem Bereich können grundlegende Einstellungen zur Messwerterfassung („Set measurement“) und Auswertung („Set plot legend“) vorgenommen werden.

3. Plot-Fenster

In diesem Bereich können die gemessenen Daten graphisch dargestellt werden.

Weiterhin wird die Scilab-Konsole zur Anzeige von Messdaten und verschiedenen Hinweismeldungen verwendet.

So werden die gemessenen Daten in den Matrizen abgelegt (ohne Text)

Zeitvektor	Messwerte 1	Messwerte 2	...	Messwerte N
0.01	5.009	0.022	...	
0.51	4.998	0.023	...	
1.01	4.981	0.025	...	
1.51	5.011	0.021	...	

Beschreibung der Funktionen der einzelnen Schaltflächen:

1. „Connect COMS“

Über diese Schaltfläche werden die angeschlossenen COM-Ports erkannt und ein Reset der Multimeter ausgeführt. Die Nummern der angeschlossenen Ports werden in der Konsole und als Pop-up-Meldung angezeigt. Die Beschriftung der Schaltfläche ändert sich in „Reconnect COMS“. Ist kein COM-Port angeschlossen wird eine entsprechende Hinweismeldung ausgegeben (Bitte überprüfen Sie in diesem Fall die serielle Verbindung).

2. „Read Values“

Sofern die Messgeräte korrekt verbunden und erkannt wurden können Sie über diese Schaltfläche das Auslesen der Messgeräte starten. Während des Lesevorgangs wird eine Fortschrittsanzeige eingeblendet und die Schaltfläche „Read Values“ ausgeblendet. Die Messwerte sowie ein Zeitvektor werden nach erfolgreichem Abschluss des Auslesevorgangs in der Scilab-Variablen „result“ gespeichert. Sie können die Werte in der Scilab-Konsole anzeigen lassen (Eingabe von „result“ und Bestätigung durch >Enter<). Wird die Schaltfläche „Read Values“ nochmals betätigt, so werden vorhandene Messwerte in der Variablen „result“ überschrieben.

3. „Write Values“

Sind Werte in der Variablen „result“ gespeichert, so können diese über die Schaltfläche „Write Values“ in eine weitere Variable „output“ geschrieben werden. Bitte beachten Sie, dass bei jedem Betätigen der Schaltfläche die Daten aus der Variablen „result“ erneut in „output“ abgelegt werden. Dabei werden die Daten in „output“ hinter vorhandenen Daten angehängt (die Variable „output“ wird um die neuen Werte erweitert). Auch die Variable „output“ kann in der Konsole angezeigt werden.

4. „Clear all Values“

Über diese Schaltfläche werden die Variablen „result“ und „output“ geleert.

5. „Plot Values“

Beim Betätigen dieser Schaltfläche werden die Werte aus der Variablen „output“ zum Berechnen des Widerstandes/Leitwertes aus den gemessenen Strom- und Spannungswerten verwendet. Anschließend wird das Ergebnis graphisch dargestellt. Zusätzlich zum Plot erscheint eine weitere Schaltfläche („Plot fitted curve“) über die eine Trendlinie (z.B. Widerstandsgerade) aus den Messwerten berechnet und geplottet wird.

6. „Plot Histogram“

Diese Schaltfläche führt eine Häufigkeitsverteilung der gemessenen Daten aus und stellt diese grafisch dar (berechnete Werte Widerstand/Leitwert aus Strom/Spannung). Zusätzlich erscheint eine Schaltfläche („Get value“) über die Werte per Mausklick aus der Grafik ausgelesen werden können. Die Werte werden in einem Pop-up-Fenster angezeigt.

7. „Calc stdev & mean“

Diese Schaltfläche berechnet die Standardabweichung, den Mittelwert und den Median aus den vorliegenden Daten (Widerstand/Leitwert aus Strom/Spannung sowie die Werte aus Strom und Spannung separat) und zeigt diese in einem Pop-up-Fenster an.

8. „Save actual Plot“

Der aktuell angezeigte Plot kann über diese Schaltfläche als Grafikdatei gespeichert werden. Das Dateiformat muss im Speicherdialog ausgewählt werden. Empfohlen werden PDF oder PNG.

9. „Export Data“

Über diese Schaltfläche können die in der Variablen „output“ gespeicherten Messwerte zur weiteren Verarbeitung ausserhalb des Programms Scilab exportiert werden. Die Daten werden in einer CSV-Datei (AM_results_ <+Datum> .csv) im Scilab-Arbeitsverzeichnis gespeichert. Die Daten werden in Tabellenform abgelegt und können per CSV-Import z.B. in Microsoft Excel oder in Scilab weiterverwendet werden. Die Daten werden mit Angabe von Datum und Uhrzeit in der Textdatei abgelegt, neue Daten werden hinter vorhandenen Daten angefügt.

Hinweis: Beim Import ist es wichtig, auf die korrekten Einstellungen zu den Spalten-Trennern (Semikolon) und Dezimal-Trennern (Punkt) zu achten!

10. „Close Window“

Setzt die Einstellungen der seriellen Schnittstellen auf die Standard-Einstellungen zurück (Linux) und schließt die geöffneten COM-Ports sowie die grafische Benutzeroberfläche (GUI).

11. „Number of measurements“

Über diese Drop-Down-Liste kann die Anzahl der auszuführenden Messungen pro angeschlossenem Messgerät ausgewählt werden.

12. „Measurement time delay“

Der über diese Liste eingestellte Wert gibt die Zeitspanne zwischen zwei Messpunkten vor (in Sekunden). Pro Messpunkt werden alle angeschlossenen Messgeräte ausgelesen.

13. „Max. measurement time“

Die Einstellung der Anzahl der gemessenen Werte und der Zeitspanne zwischen zwei Messpunkten kann je nach Konfiguration und Anzahl der angeschlossenen Messgeräte eine lange Gesamtmessdauer zur Folge haben. Um versehentliche „Langzeitmessungen“ zu vermeiden kann über die Drop-Down-Liste „Max. measurement time“ die maximale Gesamtmessdauer begrenzt werden. Wird die eingestellte Gesamtmessdauer überschritten, so wird eine Fehlermeldung beim Betätigen der Schaltfläche „Read Values“ eingeblendet. Die Messung wird nur dann ausgeführt, wenn der Maximalwert für die Gesamtmessdauer korrekt eingestellt wurde.

Hinweis: Die einstellbaren Zeiten sind nur Schätzwerte, da die tatsächliche Zeit von der Rechenleistung des verwendeten Computers abhängt.

14. „Plot title, Label x-axis, Label y-axis“

Über diese Eingabefelder können der Plot-Titel sowie die Achsenbezeichnungen der Grafiken vorgegeben werden. Dies gilt sowohl für „Plot Histogram“ als auch für „Plot Values“. Die neuen Bezeichnungen werden dann aktualisiert, wenn die Grafiken durch Betätigen der zugehörigen Schaltfläche nochmals neu gezeichnet werden.

Beispiele für Messwerterfassungen:

1. Erfassung einer Widerstandsgeraden I:

Einstellungen in der GUI:

- Number of measurements: 100
- Measurement time delay: 1 s
- Max. measurement time: 5 min

Jede Sekunde werden alle angeschlossenen Messgeräte ausgelesen. Dieser Vorgang wird für 100 Messpunkte wiederholt. Dabei wird die Spannung (oder wahlweise der Strom) am zu messenden Zweipol in beliebigen Schrittweiten manuell variiert. Die gemessenen Werte werden von „result“ in „output“ geschrieben und anschließend geplottet („Plot Values“). über die Schaltfläche „Plot fitted curve“ wird eine Trendlinie (Gerade) berechnet und gezeichnet, die die Zweipolkennlinie darstellt. Die gemessenen Werte streuen um die Trendlinie.

2. Erfassung einer Widerstandsgeraden II:

Einstellungen in der GUI:

- Number of measurements: 1
- Measurement time delay: 0.5 s
- Max. measurement time: 1 min

Über diese Einstellung können einzelne Messpunkte eingelesen werden. Nach jedem „Read Values“ wird die Schaltfläche „Write Values“ betätigt und der aktuell erfasste Messpunkt der Variablen „output“ hinzugefügt. Die gewünschten Messpunkte werden beispielsweise in Schritten von 0,5V eingestellt und jeweils mittels des Tools eingelesen. Sind alle Messungen erfolgt, kann der Inhalt der Variablen „output“ mittels „Plot Values“ grafisch dargestellt werden. Auch hier kann mit „Plot fitted curve“ eine Trendlinie eingezeichnet werden.

3. Erfassung einer Widerstandsgeraden mit statistischer Auswertung:

Einstellungen in der GUI:

- Number of measurements: 500
- Measurement time delay: 0.5 s
- Max. measurement time: 5 min

Pro Messpunkt werden 500 Messwerte eingelesen. Nach jedem „Read Values“ wird die Schaltfläche „Write Values“ betätigt und der aktuell erfasste Messpunkt der Variablen „output“ hinzugefügt. Die gewünschten Messpunkte werden beispielsweise in Schritten von 0,5V eingestellt und jeweils mittels des Tools eingelesen. Sind alle Messungen erfolgt, kann der Inhalt der Variablen „output“ mittels „Plot Values“ grafisch dargestellt werden. Auch hier kann mit „Plot fitted curve“ eine Trendlinie eingezeichnet werden. Zusätzlich kann über die Schaltfläche „Plot Histogram“ die Häufigkeitsverteilung dargestellt werden.

4. Statistische Erfassung eines Widerstandswertes:

Einstellungen in der GUI:

- Number of measurements: 2500
- Measurement time delay: 0.5 s
- Max. measurement time: 30 min

Die Zeitspanne zwischen zwei Messpunkten wird sehr niedrig gewählt, um die Gesamtmessdauer möglichst niedrig zu halten.

Nach Abschluss des Messvorgangs werden die gemessenen Werte von „result“ in „output“ geschrieben. Über „Plot Histogram“ wird die Häufigkeitsverteilung grafisch dargestellt. Über „Calc stdev & mean“ können Standardabweichung und Mittelwert sowie Median des gemessenen Widerstands berechnet werden. Bestimmte Punkte können über „Get value“ über Mausklick aus der Grafik abgelesen werden.

Die Einsatzmöglichkeiten des Tools sind vielfältig und können auf verschiedenste Anwendungen angepasst werden. Da das Tool in der kostenlosen Open-Source-Software Scilab programmiert wurde kann das Skript ohne Weiteres bearbeitet und ergänzt werden.

Wenn Sie alle Messungen abgeschlossen haben, schließen Sie das Messwerte-Tool bitte über den Button „Close Window“. Damit wird garantiert, dass die serielle Schnittstelle auf ihre Standard-Einstellungen zurückgesetzt wird.

Abbildungsverzeichnis

1	USB-Serial Adapter	3
2	ESCORT 3136A Vorderseite	4
3	ESCORT 3136A Rückseite	4
4	Widerstand an einer idealen Stromquelle	5
5	Widerstand an einer idealen Spannungsquelle	5
6	Widerstand an einer realen Spannungsquelle	6
7	Linux Konsole	11
8	Verwendete Relaisplatine	16
9	Schaltplan Laborplatine	17
10	GUI Bedienoberfläche	18
11	Schaltung zur Messung des Kontaktwiderstandes	19
12	Beispiel gemittelte Widerstände und Standardabweichung	22
13	Schaltung für spannungsrichtige Messung	23
14	Schaltung für stromrichtige Messung	24