
Inhaltsverzeichnis -

1 Produkt-Beschreibung & Hinweise zum fachgerechten/sicheren Betrieb	1.1
2 Vorhandene Anschlüsse des Moduls	2.1
3 Inbetriebnahme des Geräts	3.1
4 Funktionsprinzip (Arbeitsweise des Geräts)	4.1
5 Durchführbare fortgeschrittene/erweiterte Tests	5.1
6 Ventil-Röhren, Regulator-Röhren & Magisches Auge	6.1
7 Technische Daten - Produkteigenschaften	7.1
8 Ergänzendes Zubehör	8.1
9 Bekannte Probleme und Lösungsmöglichkeiten	9.1

1 Produkt-Beschreibung & Hinweise zum fachgerechten/sicheren Betrieb

An allen zugänglichen Stellen des Moduls, sowie an den Peripherie-Elementen ist der Kontakt zu gefährlichen Hoch-Spannungen möglich, fassen Sie daher während des Betriebs keinesfalls irgendwelche Verbindungen oder die Karte selbst an und warten Sie nach dem Abschalten des Geräts mindestens eine Minute, bis alle Kondensatoren entladen sind, um Tätigkeiten innerhalb des Geräts ohne die Gefahr eines etwaigen Stromschlags vornehmen zu können.

Das Gerät sollte generell nur von Elektronik-Fachpersonal mit ausreichend Erfahrung an Hochspannungs-Elektronik zusammengesetzt und in Betrieb genommen werden. Wenn Sie daher als Hobby-Anwender dieses Gerät erstmals benutzen wollen, ziehen Sie bitte unbedingt eine entsprechend ausgebildete Person hinzu.

Während eines laufenden Tests (speziell vor dem Einbau in ein Gehäuse) stellen Sie bitte sicher, dass das Modul auf einer gut isolierten Oberfläche liegt, sowie keine leitfähigen Fremdkörper dessen Oberfläche berühren und Teile der Schaltung mit der Umgebung elektrisch verbinden können.

Um die Gesamtkosten der Hardware und den Betrieb des Moduls für den Anwender so günstig wie nur möglich zu gestalten, arbeitet der Mikrocontroller softwaregesteuert im Pulsbetrieb, wobei hier immer schrittweise auf den Maximalstrom der Röhren (340 mA) hochgefahren wird.

Diese pulsgesteuerte Funktionsweise garantiert sichersten Betrieb bei sehr genauer Datenerfassung an den Röhren und das bei minimalster Gesamtbelastung des Prüflings, sodass sogar Werte über die zulässigen Betriebsgrenzen hinaus ohne Risiko erfasst werden können.

Da alle nötigen Einheiten zur Ansteuerung der Platten und der Gitter samt zugehöriger Versorgung in dem Gerät integriert sind, ist es möglich mit dem Modul jegliche Art von Audio- und Radio-Röhren, Dioden- (Gleichrichter) und Regel-Röhren (Gas-Stabilisator-Röhren), sowie Magische Augen zu testen.

Ein mögliches Stromversorgungsmodul ist als Zusatzausstattung erhältlich und kann 3 Heizspannungen liefern: 4 V - 5 V - 6.3 V - mit hoher Stromkapazität von 3 A.

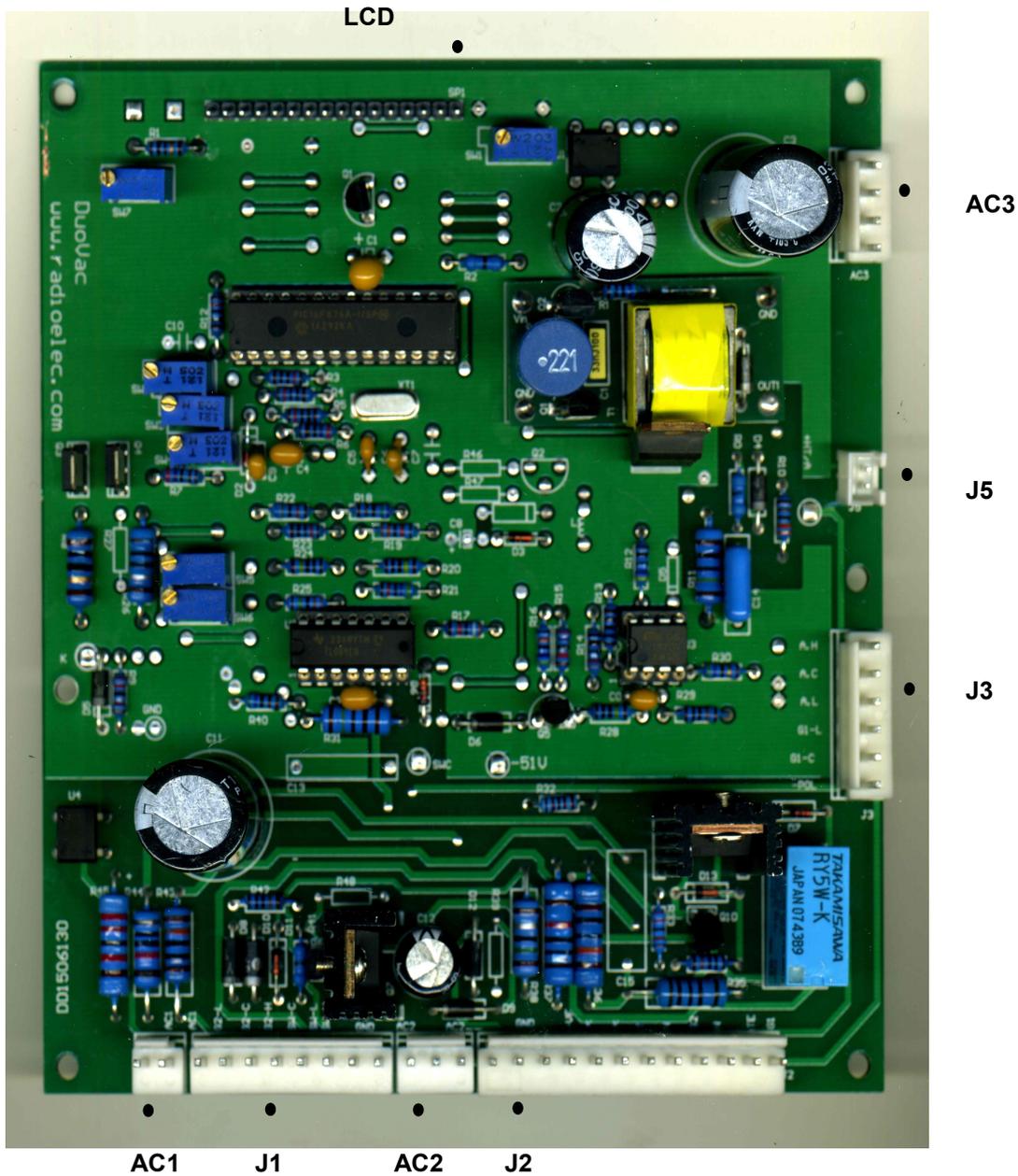
Die Einstellung der Gitter-Spannung G1 (Polarisation/Bias) erfolgt hochaufgelöst und sehr präzise mit einem 10-Gang Wendel-Potentiometer und wird als Dezimal-Wert im Display angezeigt.

Der für ein Röhrengerät verhältnismässig geringe Stromverbrauch des Moduls (Strombedarf max. ca. 2 A) ermöglicht es, die Versorgung über ein Zusatzgerät und einen Anschlussadapter an eine 12 V Autobatterie/Akku anzuschliessen, wobei hierzu ein kleiner Hilfswandler auf 220 V an der Buchse eines Zigarettenanzünders eingesetzt wird, der ebenso als additives Zubehör kostengünstig erhältlich ist.

Mit dieser Zusatzeinrichtung sind Schnelltests dann allerorts auch auf Flohmärkten oder in Trödeläden/Verkaufsmessen sicher und präzise durchführbar, sobald externe 12V/2A (auch z. B. als Modell-Akkublocks möglich) zur Verfügung stehen.

Die Schaltung ist gegen Überlastung und etwaige Fehl-Verbindungen geschützt, dennoch könnten sich Verbindungsfehler auch zerstörerisch auf eine Röhre auswirken und es wird daher empfohlen, stets vorsichtig und aufmerksam mit dem Gerät zu arbeiten.

2 Vorhandene Anschlüsse des Moduls..... 2.1



Ansicht der Platine und der Anschlüsse

(.) = Pin 1

Ansicht des Displays

Anodenstrom (Platte/Anode)



Platten-Spannung an
G2 (Schirmgitter-Spannung)

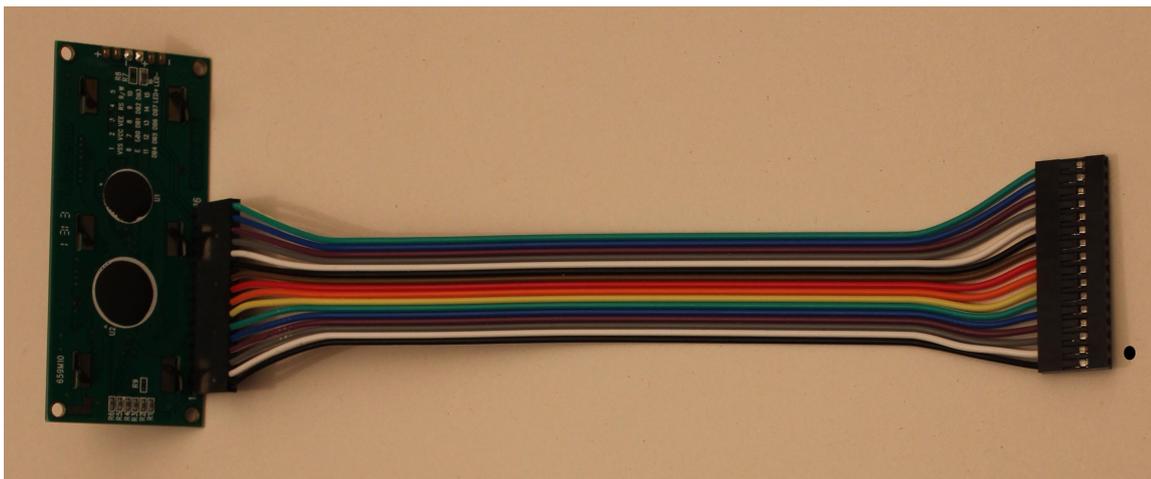
Platten-Spannung an Gitter G2
(Gitter-Spannung/Polarisation/Bias)

Display-Type: 2 x 16 Zeichen

Blaue Hintergrundbeleuchtung

Abmessungen: 70 x 25 mm

Treiber-Chip: HD44780



PIN 1

Display (Rückansicht) und Anschlussleitung (16 Pol.)

Länge der Flachbandleitung und Steckverbinder = 20 cm

Beschreibung der Anschluss-Steckverbinder (jeweils ein Punkt kennzeichnet Pin 1)

AC1:

- 1: 310V / a.c.
- 2: 310V / a.c.

AC2:

- 1: 120V /a.c.
- 2: n.c.
- 3: 120V /a.c.

AC3:

- 1: 9V d.c. - 1
- 2:
- 3: 9V d.c. - 2
- 4:

J1:

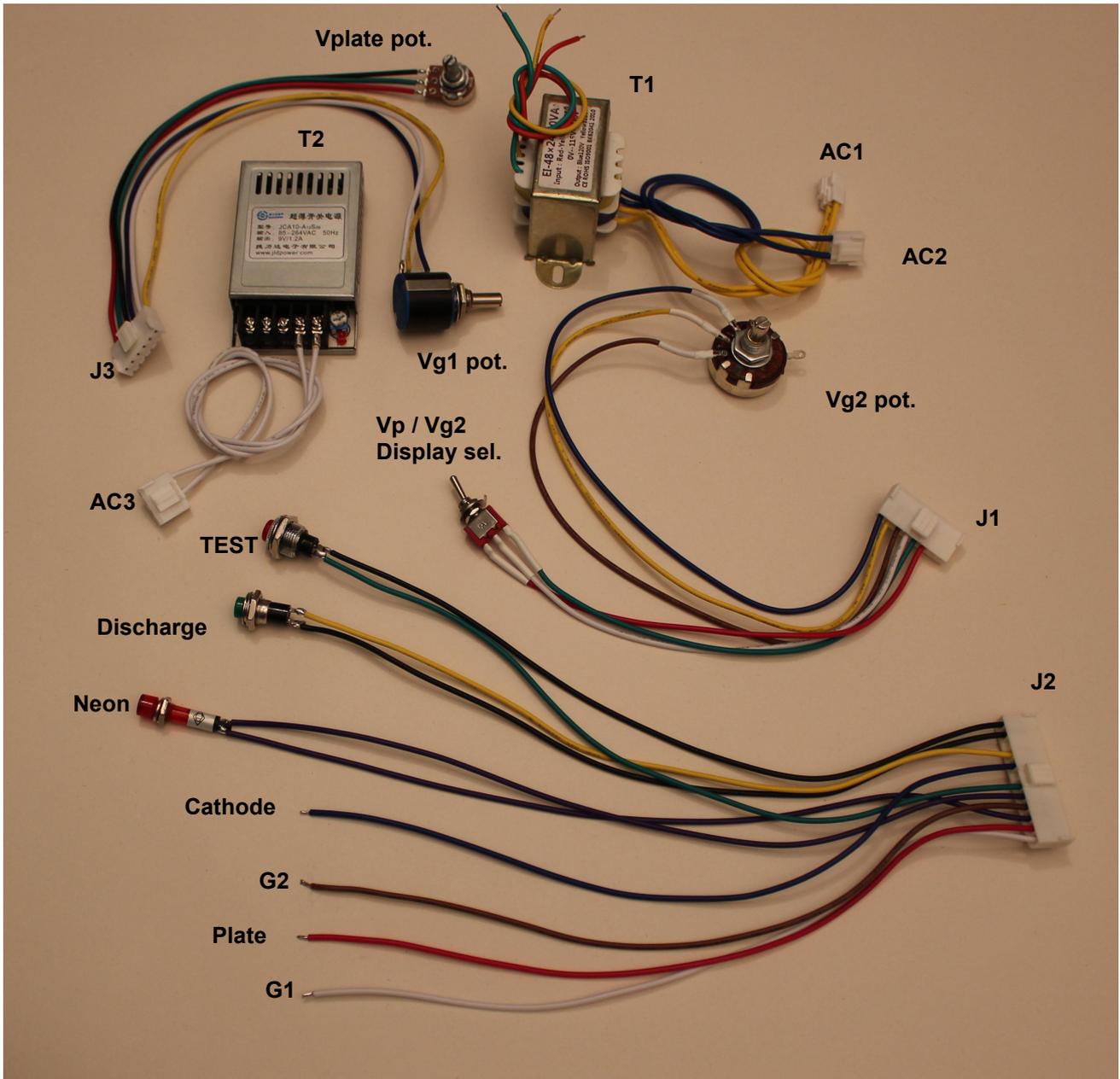
- 1: Potentiometer Vg2 - Anfang (blau)
- 2: Potentiometer Vg2 - Schleifer (gelb)
- 3: Potentiometer Vg2 - Ende (braun)
- 4: Schalter/Anzeige Spannungen - Common (weiss)
- 5: Schalter/Anzeige Spannungen - G2 (grün)
- 6: Schalter/Anzeige Spannungen - Anode (rot)
- 7: Masse
- 8: Masse

J2:

- 1: Masse (schwarz) + Schalter " TEST "
- 2: Masse (schwarz) + Schalter " Discharge "
- 3: Masse
- 4: Schalter " Discharge " (gelb)
- 5: Kathode (blau)
- 6: Kathode
- 7: Betätigter Schalter " TEST " (grün)
- 8: Betriebsanzeige/Neon (violet)
- 9: Gitter-Platte G2 (braun)
- 10: Betriebsanzeige/Neon (violet)
- 11: Anode (rot)
- 12: Gitter-Platte G1 (weiss)

J3:

- 1: Potentiometer Vp1 (Anodenspannung) - Anfang (rot)
- 2: Potentiometer Vp1 (Anodenspannung) - Schleifer (grün)
- 3: Potentiometer Vp1 (Anodenspannung) - Ende (schwarz)
- 4: Potentiometer Gitter-Spannung G1 - Anfang (blau)
- 5: Potentiometer Gitter-Spannung G1 - Schleifer (weiss)
- 6: Potentiometer Gitter-Spannung G1 - Ende (gelb)



Verbindungsbausatz & Zubehör

T1: transfo 120 V + 310 V / Primär 110 V (rot / gelb) - 230 V (rot/ grün)

T2: 9V AC/DC-Wandler / Primär 85 V - 260 V (Klemmen mit der Bezeichnung "AC")

Drei Stück zugehörige Durchgangsferrite sind nicht abgebildet, werden jedoch bei jedem Bausatz-Set mitgeliefert

3 Inbetriebnahme des Geräts

Die Inbetriebnahme des Moduls ist sehr einfach, da die meisten Komponenten schon an dem Modul angebracht sind, lediglich die Komponenten T1 (Trafo zur Hochspannungsversorgung) und T2 (9V Stromversorgung des Mikrocontrollers) müssen über einen zusätzlichen Hauptschalter und eine Netzsicherung mit 1A/Flink an die externe Netz-Spannungsversorgung (Kaltgeräte-Steckverbindung) angeschlossen werden.

Verbinden Sie die 4 Hauptanschlüsse an die Röhrenfassung: Kathode, Gitter G2, Anoden-Platte und Gitter G1; die drei Hauptleitungen (ausser Kathode) werden zusätzlich durch die mitgelieferten Ferrit-Röllchen als HF-Abschirmung hindurch geführt.

Schliessen Sie von extern einen geeigneten Transformator oder eine geeignete Gleichspannungsquelle an die entsprechenden Sockel-Kontakte zur Heizung der Röhre (Glühwendel/Filament) an.

Stellen Sie sicher, dass das Modul sich auf einer isolierenden Unterlage befindet sowie dass sich keinesfalls irgendwo am Modul oder den restlichen Teilen ein Kurzschluss ereignen kann und schalten Sie nun die Spannungsversorgungen ein.

Stellen Sie mit den Reglern anhand der vorgegebenen Daten der Röhre (laut Datenblatt) die Spannungen für Anoden-Platte, Gitter G1 und Gitter G2 ein.

Datentabellen der meisten gängigen Röhrentypen finden Sie unter folgendem Link:

<http://www.tubedata.org/>

Messbeispiel: Röhre EL84 laut Dokumentation:

Kontakt-Nr. 2:	G1 (Gitter 1)
Kontakt-Nr. 3:	K-G3 (Kathode & Gitter 3)
Kontakt-Nr. 4:	F (Heizung)
Kontakt-Nr. 5:	F' (Heizung)
Kontakt-Nr. 7:	A (Anoden-Platte, Vp1)
Kontakt-Nr. 9:	G2 (Schirm/Gitter 2)

Testbedingungen: Im Zweifelsfall ist es auch ohne genaue Daten möglich, sich nur an die Kurven und die Angaben hierüber heranzunähern. Demnach ist es aus den Kurven hier möglich, eine Anodenspannung von 300 V, bei einer Schirmgitterspannung G2 von 250 V und einer Gitterspannung G1 von -4 V anzufahren. Unter diesen Bedingungen wird der nominale Wert für den fließenden Strom bei etwa 90 mA liegen.

Der Auswahlschalter für die Anzeige der Spannungen muss entsprechend der Vorgaben eingestellt sein.

Stellen Sie den Potentiometer für die angezeigte Platten-Spannung V_{p1} (Anodenspannung) im Display auf 300 V ein.

Legen Sie den Schalter für die Spannungen nun so um, dass die Gitterspannung $G2$ angezeigt wird.

Stellen Sie den Potentiometer für die Spannung V_{g2} so ein, dass 250 V im Display zu lesen sind.

Stellen Sie den Potentiometer für die Spannung V_{g1} so ein, dass -4 V im Display zu lesen sind.

Setzen Sie nun die Röhre ein und lassen Sie diese etwa 1 Minute lang aufheizen.

Wählen Sie die entsprechende Anzeige über den Schalter für die Spannungen.

Beobachten Sie die Glimmlampe (Neon) ob diese aus ist oder blinkt. Bei manchen Röhren bleibt die Lampe an, dies muss jedoch nicht unbedingt auf einen Kurzschluss hindeuten. Im allgemeinen weist dieses Phänomen auf eine sehr hohe Verstärkung der Röhren, Dioden-Röhren, oder der Magischen Augen hin.

Der Test ist in keinem Fall kritisch oder gefährlich, selbst wenn diese Anzeigelampe anbleibt.

Drücken Sie die Taste "TEST" und lesen Sie den Wert für den Strom der Platte in mA.

Weitere umfassende Messungen: Steilheit (elektrischer Leitwert), Innenwiderstand und Verstärkung sind möglich und ebenso einfach, diese Maßnahmen sind unter § 6 beschrieben.

Wenn Sie die Taste loslassen, ist der Test abgeschlossen.

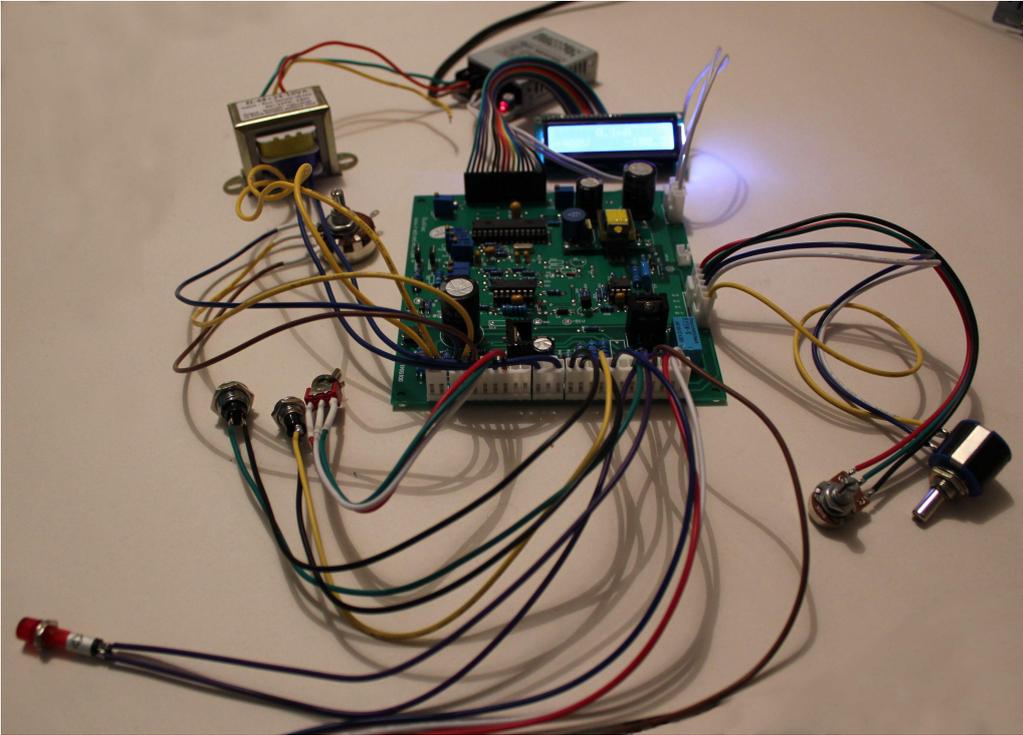
Die Paarung von Röhren ist ebenso sehr einfach: Messen Sie die Röhren gleichen Typs ohne Änderung der Einstellungen und selektieren Sie anhand möglichst nahe liegender Messwerte, nach Ihren vorgegebenen Werten, um möglichst nächstliegende Pärchen, oder Quartette zu bekommen.

Für Doppel-Röhren wie : ecc81, ecc82, ecc83, ecc88 – 6sl7, 6sn7, etc... Der Test ist für jede interne Triode einfach möglich, indem Sie einen Mehrfach-Umschalter (Drehschalter - Hochspannungsg geeignet) mit dem Wechsel auf den Kontakten der Röhrenfassungen

einsetzen.

Weitere umfangreiche Tests werden unter § 5 beschrieben.

Der Test von Ventil-Röhren, Dioden-Röhren, Gleichrichter-Röhren, Gasstabilisator-Röhren und Magischen Augen ist ebenso möglich und wird unter § 6 beschrieben.



Der einsatzbereite Röhrentester.



Beispiel eines möglichen Geräts, welches mit diesem Modul erstellt wurde. Dieses Gerät verfügt über eine Verbindungsmatrix zum variieren des Anschlusses verschiedener Röhrentypen und Ausführungen.

4 Funktionsprinzip (Genaue Arbeitsweise des Geräts)

Die Messungen werden im Pulsbetrieb in Abständen von 0,5 Sekunden durchgeführt und die Datenerfassungszeit (Messfenster) ist hierbei sehr kurz mit: 800 μ S (0,0008 sec.)

Nur in den ablaufenden Messfenstern wird Gitter 1 negativ angelegt und ausserhalb dieser so gemessenen Zustandsblöcke ist die Verlustleistung der Röhre quasi auf Null.

Dieser Modus ermöglicht es, um im Hochspannungszweig (Anode und G2) Energie einzusparen und somit den Einsatz von kostspieligen und grossen Transformatoren zu vermeiden, sowie dennoch für die Versorgung ausreichend Lastausregelung (450 V/340 mA) zur Verfügung zu stellen.

Ein PIC Mikroprozessor mit 12 MHz Takt steuert alle Vorgänge der Datenerfassung, Messablauf und Anzeige auf dem Display.

Die Versorgung der sehr hohen Anodenspannung wird über einen separaten und speziellen Zerhacker gesteuert. In einem Kondensator wird diese Spannung bzw. Ladung während der 800 μ S-Testdauer zwischengespeichert und gehalten. Nach der Messung wird der Kondensator dann über einen eingebauten Widerstand entladen. Sollte jedoch der eingestellte Wert in der Anzeige überschritten werden und hierbei auch die Warnleuchte für Überlast (siehe unten) angehen, kann durch Drücken des Tasters DISCHARGE die Entladung von Hand eingeleitet werden.

Die Versorgung der Schirmgitterspannung G2 benötigt weniger Energie und wird daher konventionell realisiert: Sie besteht aus Transformator, Rückgewinnung, Filterung und Stabilisierung mittels einer Gruppe von Z-Dioden. Ein Leistungs-Mosfet stellt die vom Potentiometer Vg2 eingestellte Ausgangsspannung bei zugleich niedriger Impedanz zur Verfügung.

Diese zwei Versorgungen, für die Anoden- und die Schirmgitter-Spannung G2, sowie auch alle Peripherieschaltungszweige, sind mit Strombegrenzungs-Schaltungen geschützt.

Die Anzeige der Plattenspannungen der Anode und G2 erfolgt über Wechselauswahl über einen Schalter (J1 Anschlussstifte 4,5,6). Da die Leistung an G1 wesentlich kleiner als an G2 ist, wird sie nur für sehr geringe Ströme gepuffert.

Ein Kurzschluss-Test von der Anode zu anderen inneren Elektroden der Röhre wird durch die Warnleuchte (Neon, J2 Steckerstifte 8 und 10) angezeigt. Diese Anzeige hat jedoch ihre Grenzen und gegebenen Fall muss dies nochmals von Hand überprüft werden, besonders wenn Hochleistungs-Röhren oder ganz spezielle Typen getestet werden sollen.

Manche Röhren sind oft sehr instabil und bilden an ihren Sockeln manchmal Resonanz-Schwingkreise aus, welche dann mit den Ferrit-Röhrchen über den Zuleitungen G2 und G1 unterdrückt werden können. Diese Ferrit-Filter sollten dann näher an der Röhrensockelseite der Anschlüsse angelegt und befestigt werden.

Der Mikroprozessor überwacht die ordnungsgemäße Regulierung der Anodenspannung, übermäßige Ströme oder eine Abweichung dieser Spannung wird mit Überlast angezeigt, die Messung verzögert oder abgebrochen und muss mit der Taste TEST wieder aufgerufen werden.

5 Durchführbare fortgeschrittene/erweiterte Tests

Der Zustand der Kathode einer Röhre ist ein wichtiger Anhaltspunkt, um hier eine zutreffende Aussage über den Verschleiss machen zu können.

Unabhängig davon dass dieser Parameter schon einen Gesamtwert für die mögliche Leistung einer Röhre erfasst, können mit dem DuoVac noch drei weitere ergänzende Messungen durchgeführt werden.

- Die Steigung oder Steilheit G_m : in mA/V, in μS oder auch μmhos ausgedrückt.
- Der Innenwiderstand R_p : in Ohm ausgedrückt.
- Die Verstärkung μ , welche sich aus den beiden vorstehenden Werten ergibt.

Messung der Steilheit :

Führen Sie eine erste Messung durch, notieren Sie hierbei den Anoden-Strom I_{a1} .

Ohne die Werte aller anderen Einstellungen zu verändern, variieren Sie nun den anliegenden Spannungswert des Gitters 1 (V_{g1}) um ein Volt und notieren nun nochmals, den neuen Anoden-Strom I_{a2} .

Die sich hier ergebende Steilheit G_m ist die Differenz zwischen den Strömen I_{a1} und I_{a2} und wird in mA/V oder μmhos ausgedrückt, was sich wiederum durch Multiplikation des Wertes 1000 auf die Milliampere ergibt: also $1 \text{ mA/V} = 1000 \mu\text{S} = 1000 \mu\text{mhos}$.

Wenn diese Charakteristik auf mehreren Punkten der Kennlinie erfasst wird, ermöglicht dieses die tatsächliche Linearität einer Röhre festzustellen.

Messung des Innenwiderstands:

Führen Sie eine erste Messung durch, beachten und notieren Sie hierbei die Anoden-Platten-Spannung V_{p1} und den entsprechenden Anoden-Strom I_{a1} .

Ohne die Einstellungen der anderen Wete zu verändern, erhöhen oder erniedrigen Sie die Einstellung der Platten-Spannung V_{p2} um einen Wert, notieren Sie nun den neuen Wert der Spannung V_{p2} und den sich einstellenden Strom I_{a2} auf der Platte.

Der Innenwiderstand der Röhre R_p errechnet sich aus der Differenz der korrespondierenden Spannungen $V_{p1} \pm V_{p2}$ und der Ströme $I_{a1} \pm I_{a2}$, und dessen Wert wird in Ohm ausgedrückt.

Berechnung der Verstärkung

Sehr präzise ergibt sich die Verstärkung aus der Gleichung $\mu = G_m \text{ (in mA/V)} \times R_p$

Wenn für mehrere Röhren diese Daten als Gesamtheit vorliegen, können dann sehr präzise Pärchen zusammengestellt werden.

6 Ventil-Röhren, Regulator-Röhren & Magisches Auge

Das DuoVac ermöglicht viele individuelle Röhrentests, wie von Dioden-Röhren, Gleichrichter-Ventil-Röhren, Gas-Stabilisator-Röhren und Magisches Auge.

Dioden-Röhren

Für Dioden-Röhren mit geringerer Leistung bis etwa 15 mA verwenden Sie den Modus für die interne Versorgung und für grössere Ströme das Testverfahren für Ventil-Röhren.

Vor dem Einsetzen der Röhren in die Fassung drehen Sie die Potentiometer gegen den Uhrzeigersinn auf Null und betätigen Sie gegebenenfalls zusätzlich den Tastknopf für DISCHARGE, um die Spannung auf dem Prüfling auf mindestens 2/3 des Endwerts oder weniger zu bringen.

Die folgende Verbindung ist für alle Röhren dieselbe: Anschluss K führt zur Kathode und ist bei manchen Röhren auch entsprechend markiert.

Wenn die Röhre ausreichend aufgeheizt ist, drehen Sie das Potentiometer für die Anoden-Spannung V_{p1} langsam entsprechend den Datenangaben auf und beobachten zugleich die Anzeige für den fließenden Strom.

Ventil-Röhren

Ventil- und Gleichrichter-Röhren können die interne Versorgung, wegen des fehlenden Steuergitters und dadurch Pulsbetrieb, beim Test überschreiten.

In diesem Fall ist es notwendig, eine externe variable Stromversorgung zu verwenden. Diese sollte dann von 0V auf die gewünschte Spannung einstellbar, je nach Daten der

Röhre, zur Verfügung stehen.

Der negative Pol dieser externen Versorgung wird auf GND (J2 Anschlusspin 1 oder 2) und der positive Pol an die Anoden-Platte Vp1 angeschlossen.

Der Ablauf der Test-Sequenz ist dann identisch mit dem Testlauf für Dioden-Röhren.

Gas-Stabilisator-Röhren

Der Test dieser Röhren wird mittels eines Begrenzungswiderstands für den Anlaufstrom durchgeführt und zeigt auf dem Display die Werte zwischen den Anschlüssen Kathode K und der Anoden-Platte an.

Magisches Auge

Der Helligkeitstest des Auges kann durch einfaches Verbinden der Elektroden an die entsprechenden Klemmen für die Platten entsprechend nach Diagramm des Datensatzes und Vorgabe der Widerstände zu den Platten durchgeführt werden.

7 Technische Daten - Produkteigenschaften

Versorgung : 220V . 230V oder 115V / 50-60 Hz oder 12V mit Converter

25 - 35 VA max.

Etwa 2 Ampere bei 12V über einen DC-AC-Wandler

Schutzsicherung: 1 A Flink 5 x 20 mm

Messmodus/Messprinzip: Impulsverfahren mit 8-Bit-Mikrocontroller bei 12 MHz

Datenerfassung mit AD-Converter : 10 Bit Monotonie (1024 Schritte)

Dauer eines Messdurchlaufs : 800 Mikro-Sekunden (800 μ S)

Zeitraumen der Mess-Intervalle : 0,5 Sekunden

Messgenauigkeit: besser als 5% +/- 1 Digit

Gitter-Spannung G1 : 0 bis mindestens 100 V

Gitter-Spannung G2 : 15 bis mindestens 350 V

Anoden-Platten-Spannung Vp1 : 0 bis mindestens 450 V

Platten-Strom maximal messbar : 340 mA (maximal)

Maximaler Arbeits-Strom auf Schirm Gitter G2 : 60 mA

Auflösung bei der Anzeige der Gitter-Spannung G1 : 0,1 V +/- 1 Digit

Auflösung bei der Anzeige der Gitter-Spannung G2 : 1 V +/- 1 Digit

Auflösung bei der Anzeige der Anoden-Spannung Vg1 : 1 V +/- 1 Digit

**Auflösung bei der Anzeige des Anoden-Stroms : 0,1 mA +/- 1 Digit bis 34 mA
1 mA +/- 1 Digit > 34 mA**

Kurzschlusschutz bei Verbindungsfehlern durch vorhandene Strombegrenzung.

Als Option wird ein Modul zur Regelung der Heizspannungen benötigt.

Benötigte Heizspannungen: 4 V. 5V. 6.3V / Heizstrom: 3,5 A max

Die Genauigkeit der Heizspannung sollte bei etwa 5% geregelt sein

8 Mögliche Probleme und Lösungsmöglichkeiten

Das Gerät lässt sich nicht einschalten:

Überprüfen Sie den Netzanschluss und die (1A) Sicherung.

Bei Betrieb mit Batteriestrom über einen Wechselrichter überprüfen Sie die Batterie und den Wechselrichter.

Keine Messfunktion

Drücken Sie den Taster " TEST " und versuchen Sie zwischenzeitlich eine andere Röhre, wenn vorhanden.

Die Röhre wird nicht aufgeheizt, oder es erscheinen offensichtlich fehlerhafte Ergebnisse :

Überprüfen Sie mit einem Ohmmeter, dass der Heizfaden der Röhre messbaren Durchgang hat und überprüfen Sie die Heizspannung auf Vorhandensein und den richtigen Wert.

Überprüfen Sie, dass die Verbindungen zu den Elektroden der Röhre intakt und nicht defekt sind.

Überprüfen Sie die Werte der Testspannungen V_{g1} , V_{g2} und V_{p1} .

Die Anzeige zeigt "Overload ":

Betätigen Sie die Taste " TEST " und dann die " Taste Ableitung - DISCHARGE "

Zur besseren Kennzeichnung des Vorgangs "TEST" ändert die Anzeige ihre Detailangaben in schnell dargestelltem Wechsel.

Die wahrscheinlichste Ursache ist eine nicht vollständig eingesetzte, oszillierende Röhre während des Tests, und obwohl ist dieses Phänomen sehr selten ist, kann es aber bei Röhren mit besonders hoher Steilheit auftreten: Stellen Sie sicher, dass die Ferritröhrchen über die Kabel installiert sind, und setzen Sie die Test-Röhre ein zweites mal mit etwas mehr Druck in die Fassung.

Reduzieren Sie die Spannung V_{g1} (mehr negativer Wert - Potentiometer gegen den Uhrzeigersinn) drehen Sie dann den Potentiometer ganz langsam wieder auf, während der Modus TEST beibehalten wird.

Die Hinweise auf dem Display sind abgehackt oder abnormal:

Unterbrechen sie alle Vorgänge, schalten Sie das Gerät aus und dann nach etwa 10 Sekunden wieder ein.