

# ELV-Serie micro-line

## Präzisions-Spannungsreferenz



*Gute Genauigkeit, Langzeitkonstanz und geringe Temperaturdrift bei günstigem Preis-/Leistungsverhältnis, zeichnet diese Präzisions-Spannungsreferenz aus, die zur Kalibrierung von hochwertigen Digital-Multimetern geeignet ist.*

### **Allgemeines**

Das Interesse an Schaltungen zur Kalibrierung, d. h. zur Einstellung, von Meßgeräten der unterschiedlichsten Arten erweitert sich ständig. Dies beruht nicht zuletzt auf den wachsenden Anforderungen, die sowohl die Industrie als auch in zunehmendem Maße Hobby-Elektroniker an ihre Meßgeräte stellen. Darüber hinaus weiß der Fachmann sowie der engagierte Hobby-Elektroniker, daß die Langzeitgenauigkeit von Meßgeräten nicht unbegrenzt erhalten bleibt, sondern durch die ständige Alterung der Bauelemente im allgemeinen abnimmt.

So kann z. B. bei einem Multimeter die garantierte Genauigkeit von 0,1 % nach einer

Betriebszeit von z. B. 2 Jahren ohne Neukalibrierung auf den doppelten Toleranzwert ansteigen. Bei kontinuierlicher und sorgfältiger Wartung und Neukalibrierung kann andererseits im allgemeinen die Genauigkeit verbessert werden — teilweise sogar erheblich über den garantierten Wert.

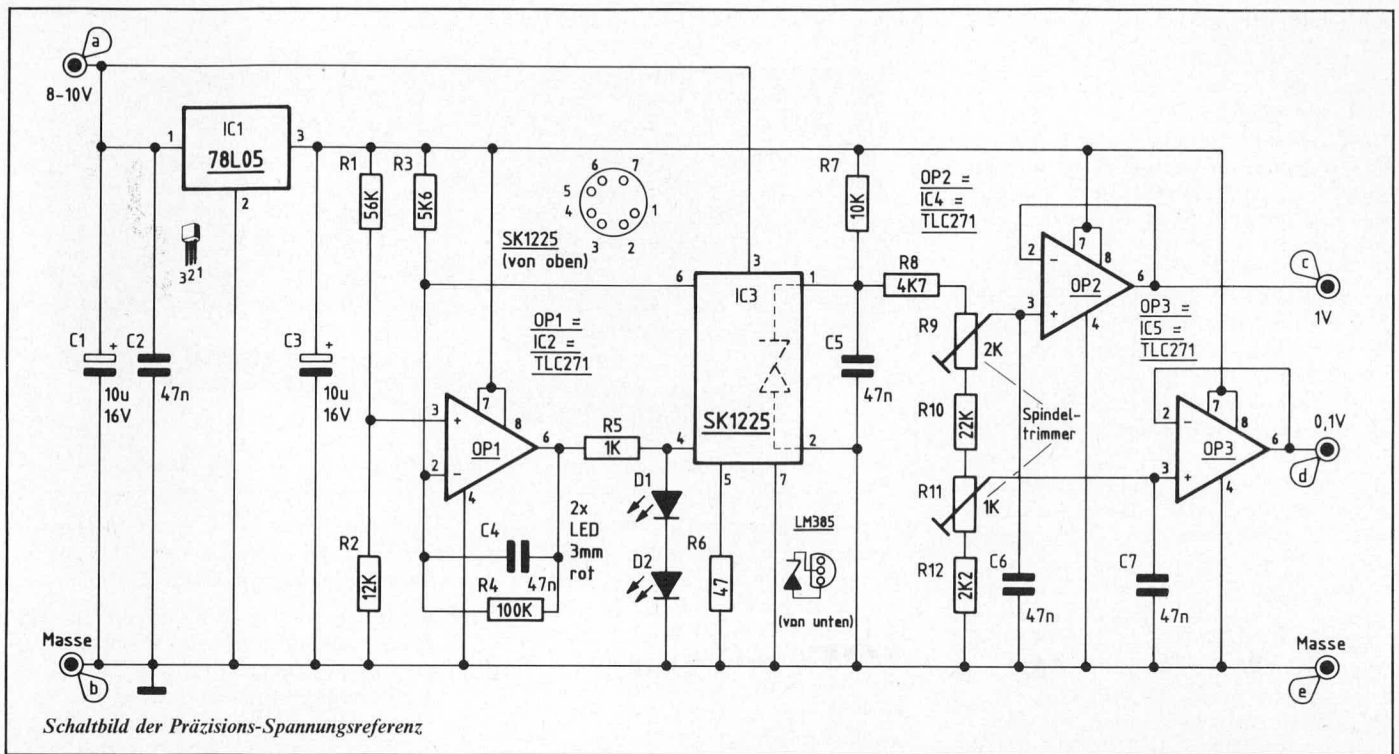
Zu beachten ist hierbei, daß die Genauigkeit des zu Referenzzwecken bei der Kalibrierung herangezogenen Vergleichsgerätes bzw. die Genauigkeit des Kalibrators besser sein sollte als die Genauigkeit des einzustellenden Meßgerätes. Eine Mindestforderung wäre hier die doppelte Genauigkeit. Damit man nun aber nicht auch ständig das „Vergleichsnormale“ überprüfen muß, empfiehlt es sich, die Genauigkeit

10fach besser zu wählen, als die der einzustellenden Meßgeräte, so daß man im allgemeinen davon ausgehen kann, auch nach einigen Jahren noch mit hinreichender Genauigkeit arbeiten zu können.

Vorstehend Gesagtes gilt für die unterschiedlichsten Arten von Meßgeräten.

Die hier vorgestellte Schaltung befaßt sich jedoch mit den wohl am meisten verbreiteten Meßgeräten: den Multimetern.

Die Schaltung ist speziell auf die Erfordernisse der Spannungs-Kalibrierung von Digital-Multimetern ausgerichtet, bis zu einer Genauigkeit von 0,05 %, wobei die Genauigkeit der ELV-Präzisions-Spannungsreferenz selbstverständlich deut-



Schaltbild der Präzisions-Spannungsreferenz

lich besser ist, wie dies auch aus den technischen Daten hervorgeht.

Zur Kalibrierung der Grundgenauigkeit im Spannungsbereich von Digital-Multimetern, stehen 2 Spannungen zur Verfügung, und zwar 100 mV und 1000 mV = 1,000 V.

Damit die Schaltung möglichst universell einsetzbar ist, stehen als internes Spannungsreferenzelement 2 Typen zur Auswahl:

1. die besonders preiswerte 1,225 V Referenzdiode des Typs LM 385, deren Temperaturkoeffizient bei 20 ppm/° K liegt oder
2. die hochpräzise ELV Spannungsreferenz mit eingebautem Temperaturkonstanter des Typs SK 1225, mit einem Temperaturkoeffizienten von typ. 1 ppm/° K.

Welche der beiden Typen man tatsächlich einsetzt, hängt von den Anforderungen ab, die man an die Schaltung stellt.

Im ersten Fall ändert sich die Genauigkeit der Schaltung um 0,002 % pro Grad, d. h. bei einer Abweichung um 5° von der Nenntemperatur (20° C) ergibt sich eine Genauigkeitseinbuße von 0,01 %. Kann man sicherstellen, daß das Gerät grundsätzlich im Raumtemperaturbereich angewendet wird (möglichst zwischen 18° und 22° C), kann der Aufbau sehr preiswert durchgeführt werden.

Kommt hingegen die ELV Präzisions-Spannungsreferenz des Typs SK 1225 mit eingebautem Temperaturkonstanter zum Einsatz, so ist die Temperaturdrift im Bereich von 0° C bis + 50° C praktisch vernachlässigbar.

### Zur Schaltung

Die Versorgung der Schaltung erfolgt über ein Steckernetzteil mit einer unstabilierten Ausgangsspannung von 8–12 V.

Das Herz der Schaltung besteht aus dem hochkonstanten temperaturstabilisierten Referenz-IC 3 des Typs SK 1225, das sowohl die Spannungsreferenz, das Heizelement als auch einen Präzisionsensor zur Temperaturrückführung beinhaltet. Die eigentliche Regelung zur Temperaturkonstanthaltung erfolgt mit dem als Proportionalregler mit hoher Verstärkung arbeitenden OP 1 mit Zusatzbeschaltung (R 1 bis R 6, C 4 sowie D 1 und D 2). Die Versorgung des elektronisch geregelten Heizelementes erfolgt über Pin 3 (IC 3) direkt aus der unstabilierten Gleichspannung des Steckernetzteils.

Vorgenannte Bauelemente können entfallen, wenn anstelle des IC 3 die besonders preiswerte Präzisions-Spannungsreferenz des Typs LM 385 eingesetzt wird. Letztere wird an der Stelle eingelötet, wo sich sonst die Anschlußbeinchen 1 und 2 des IC 3 befinden.

Wie bereits im vorstehenden Kapitel beschrieben, erfüllt die in diesem Artikel dargestellte Schaltung durchaus auch hohe Ansprüche, wenn nicht das „Super-IC“ des Typs SK 1225, sondern die preiswerte Präzisions-Spannungsreferenz des Typs LM 385 eingesetzt wird, sofern man das Gerät im Raumtemperaturbereich betreibt. Beim Einsatz des SK 1225 hingegen spielen Temperaturschwankungen im Bereich von 0 bis 50° aufgrund der außergewöhnlich geringen Temperaturdrift von 0,0001 %/° K praktisch keine Rolle mehr. Für welche Version man sich entscheidet, bleibt jedem Anwender selbst überlassen.

Doch kommen wir nun zur Beschreibung der weiteren Schaltung.

Über dem Kondensator C 5 steht eine stabilisierte Referenzspannung von 1,225 V an, gleich für welche der beiden Referenzelemente man sich entscheidet.

C 5 dient zur Verminderung des Rauschanteiles der internen Spannungsreferenz,

wobei R 7 zur Vorgabe eines definierten Konstantstromes dient.

Über den Spannungsteiler, bestehend aus R 8 bis R 12, wird die interne Referenzspannung auf die erforderlichen Werte heruntergeteilt. Mit den Spindeltrimmern R 9 und R 11 ist ein Feinabgleich der beiden Ausgangsspannungen möglich, da die interne Spannungsreferenz von 1,225 V geringen Exemplarstreuungen unterliegt, die jedoch auf die Absolutstabilität keinerlei Einfluß haben.

Die Operationsverstärker OP 2 und OP 3 sind als Impedanzwandler geschaltet, mit einer Verstärkung von exakt 1,000.

C 6 und C 7 dienen an den nicht invertierenden Eingängen zur Rauschspannungsminderung.

An den Ausgängen (Pin 6) stehen die beiden zur Kalibrierzwecken verwendbaren Referenzspannungen von 100,0 mV und 1,000 V = 1.000 mV zur Verfügung, mit einem für Kalibrierzwecke praktisch vernachlässigbaren Innenwiderstand.

### Zum Nachbau

Das Layout der Schaltung ist so konzipiert, daß sämtliche Bauelemente auf einer einzigen Platine untergebracht sind.

Zunächst werden die passiven und dann die aktiven Bauelemente eingelötet, wobei als letztes das Referenzelement (SK 1225 oder LM 385) eingebaut wird.

Es empfiehlt sich, die Platine in ein passendes Gehäuse (z. B. ELV micro-line) einzubauen. Im vorliegenden Fall kommt zum mechanischen Schutz und besseren Handling dem Gehäuse eine weitere Aufgabe zu. Durch den allseitigen Schutz wird eine unkontrollierte Konvektion von der Schaltung ferngehalten, so daß Zugluft o. ä. keinen Einfluß auf das Temperaturverhalten des internen Referenzelementes bzw. der übrigen Bauelemente ausüben kann.

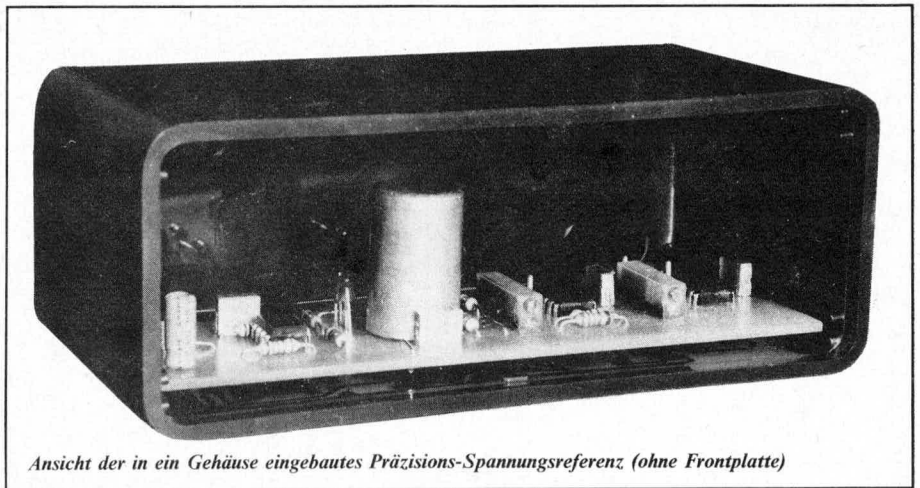
## Kalibrierung

Zunächst wird die fertig aufgebaute Schaltung auf ihre grundsätzliche Funktionsweise hin überprüft.

Mit den beiden Spindeltrimmern R9 und R11 werden die Ausgangs-Referenzspannungen von 100,0 mV (R11) und 1.000 mV mit Hilfe eines Digital-Multimeters auf ihren ungefähren Wert eingestellt. Die exakte Kalibrierung sollte erst nach einer längeren Betriebszeit oder aber nach der im folgenden beschriebenen künstlichen Voralterung durchgeführt werden.

Normalerweise unterliegen alle Bauelemente einer Alterung, die bewirkt, daß sich die elektrischen Eigenschaften über die Zeit langsam verändern. Je älter ein Bauelement ist, desto weniger stark ist die Veränderung der elektrischen Eigenschaften innerhalb eines bestimmten Zeitraumes. Hierbei kann man im allgemeinen davon ausgehen, daß die Verringerung der Veränderung von elektrischen Eigenschaften und Daten dem Kurvenverlauf einer logarithmischen Funktion folgen.

Nimmt man nun eine künstlich beschleunigte Voralterung der Bauelemente vor, so kann man erreichen, daß die einmal erreichten Arten der elektronischen Schaltung künftig nur noch geringfügigen Schwankungen unterliegen, die im vorliegenden Fall über viele Jahre praktisch vernachlässigbar sind.



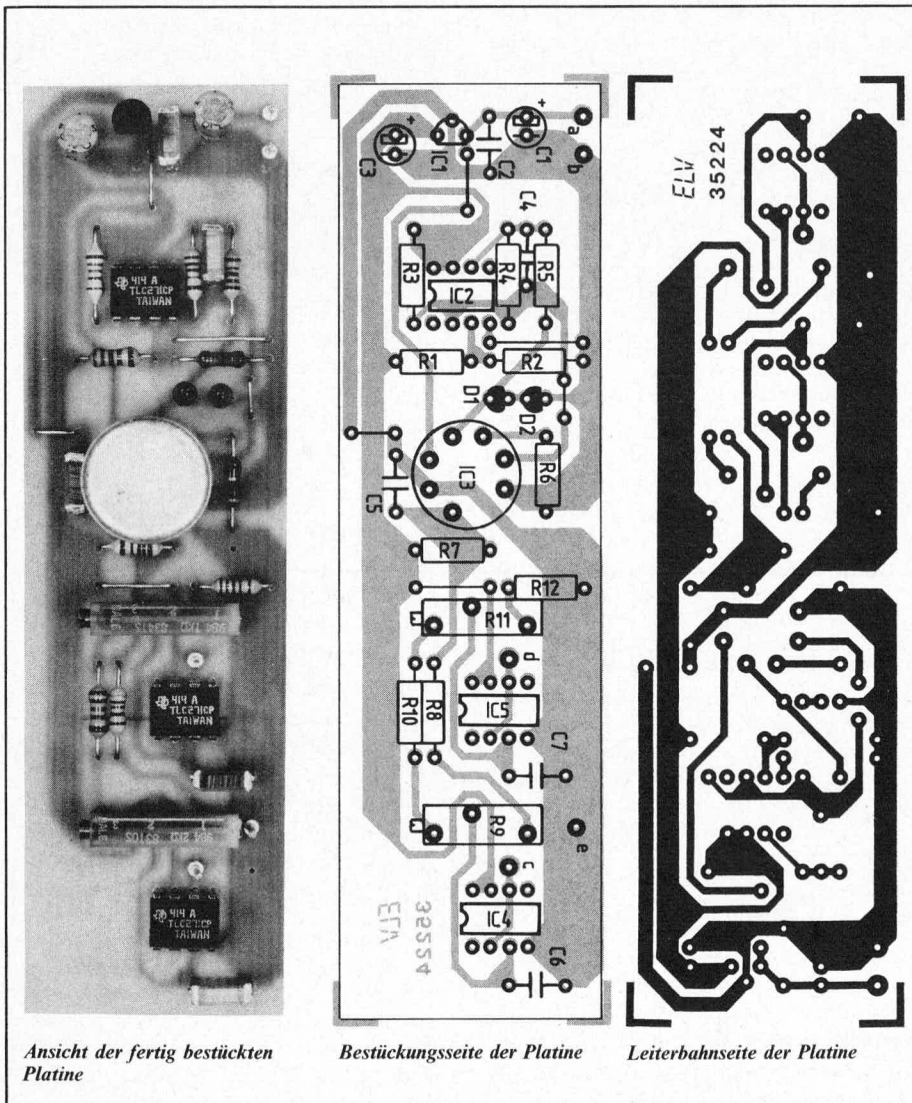
Ansicht der in ein Gehäuse eingebautes Präzisions-Spannungsreferenz (ohne Frontplatte)

Die in Betrieb befindliche Schaltung wird zunächst für 1 bis 2 Stunden auf eine Temperatur von ca. 60° C (max. 70° C) gebracht (z. B. Backofen). Anschließend ist die Schaltung auf wenige Grad herunterzukühlen (z. B. Kühlschranks), wobei sie ständig eingeschaltet bleibt. Auch diese Temperatur wird für 1 bis 2 Stunden beibehalten. Anschließend bleibt die Schaltung für mehrere Stunden bei Raumtemperatur in Betrieb, um anschließend für den Rest eines Tages ausgeschaltet zu werden.

Am nächsten Tag wird der vorstehend beschriebene Zyklus wiederholt. Insgesamt

sind mindestens 10 Zyklen an 10 verschiedenen Tagen, die nicht unbedingt aufeinander folgend sein müssen, zu durchlaufen.

Ist die künstliche Voralterung durchgeführt, kann mit Hilfe eines Präzisions-Vergleichs-Multimeters die endgültige exakte Kalibrierung vorgenommen werden. Steht ein entsprechendes Referenzgerät nicht zur Verfügung, kann das fertig aufgebaute und künstlich vorgealterte Gerät an den ELV-Abgleichsservice eingesandt werden, der die Kalibrierung vornimmt. Näheres lesen Sie hierzu bitte auf der Seite der entsprechenden Bausatzangebote.



Ansicht der fertig bestückten Platine

Bestückungsseite der Platine

Leiterbahnseite der Platine

## Stückliste: Präzisions- Spannungsreferenz

### Halbleiter

IC1	.....	78L05
IC2, IC4, IC5	.....	TLC 271
IC3	.....	SK 1225/LM 385
D1, D2	.....	LED, rot, 3 mm

### Kondensatoren

C1, C3	.....	10 µF/16 V
C2, C4-C7	.....	47 nF

### Widerstände

R1	.....	56 kΩ
R2	.....	12 kΩ
R3	.....	5,6 kΩ
R4	.....	100 kΩ
R5	.....	1 kΩ
R6	.....	47 Ω
R7	.....	10 kΩ
R8	.....	4,7 kΩ
R9	.....	2 kΩ, Spindeltrimmer
R10	.....	22 kΩ
R11	.....	1 kΩ, Spindeltrimmer
R12	.....	2,2 kΩ

### Sonstiges

- 5 Lötstifte
- 1 Klinkenbuchse 3,5 mm
- 2 rote Telefonbuchsen
- 1 schwarze Telefonbuchse
- 20 cm isolierter Schalt draht
- 10 cm Silberdraht