

Nano-Ampere-Meter

Bei der Messung besonders kleiner Ströme ab wenigen nA (10^{-9} A) leistet die hier vorgestellte Schaltung gute Dienste.

Allgemeines

Zur Bestimmung der Stromaufnahme von CMOS-Bauelementen oder auch zur Messung von Rest- und Leckströmen reicht die Empfindlichkeit konventioneller Multimeter häufig nicht aus. Dafür bietet sich die hier vorgestellte Zusatzschaltung, mit

dem besonderen Vorteil an, daß zwischen den Meßklemmen fast kein Spannungsabfall auftritt.

Der Meßbereichumfang reicht beim Anschluß eines 3,5stelligen Multimeters von 100 pA bei einem Meßbereichsendwert von 0,2 μ A bis hin zu 2 mA.

Der Meßstrom wird in eine dazu proportionale Ausgangsspannung im Bereich

zwischen 0 bis 200 mV umgesetzt zum direkten Anschluß eines Digitalmultimeters.

Aufgrund der Schaltungskonzeption kann ohne jegliche Schaltungsänderung eine Bereichsaufteilung, beginnend beim Meßbereichsendwert von 1 μ A bis hin zu 10 mA genutzt werden, wobei dann die dem Strom proportionale Ausgangsspannung zwischen 0 und 1 V liegt. Diese Bereichsaufteilung ist z. B. für 4stellige Digital-Multimeter oder auch zum Anschluß von Zeigerinstrumenten mit 1 V Vollausschlag geeignet.

Schaltung

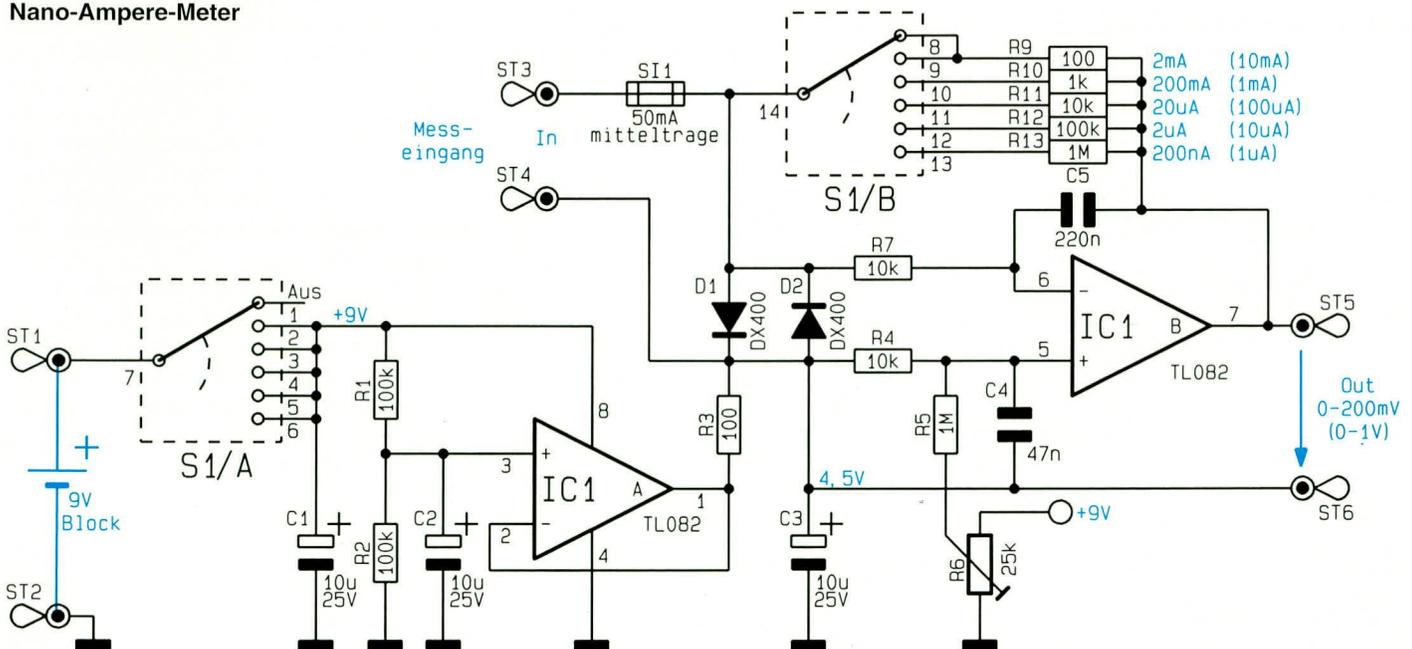
In Abbildung 1 ist das Schaltbild des Nano-Ampere-Meters dargestellt. Die Betriebsspannung wird der Schaltung über ST 1 (+9 V) und ST 2 (Masse) zugeführt. Die Spannung gelangt über die eine Hälfte des 6stufigen Drehschalters S 1 (A) auf den Puffer-Elko C 1 zur Versorgung des IC 1. Mit R 1, R 2 und C 2 wird in Verbindung mit IC 1 A ein Spannungsmittelpunkt erzeugt, der über R 3 am Puffer-Elko C 3 ansteht.

Der zu messende Strom wird der Schaltung an ST 3 und ST 4 zugeführt. Dieser Strom fließt von ST 3 über die Schmelzsicherung SI 1 und die Dioden D 1, D 2 zurück zu ST 4 - allerdings nur dann, wenn IC 1 B nicht arbeitet.

Im regulären Betriebsfall wird nämlich IC 1 B dafür sorgen, daß die Spannung zwischen seinen beiden Eingängen (Pin 5 und Pin 6) 0 V bleibt. Daraus folgt, daß IC 1 B den Meßstrom quasi kompensiert. Dies sieht im einzelnen wie folgt aus:

Wir nehmen an, daß der in ST 3 hinein-

Bild 1: Schaltbild des Nano-Ampere-Meter



fließende Meßstrom positiv sei und dort gegenüber ST 4 einen leichten positiven Spannungsabfall hervorruft. Daraufhin wird Pin 6 des IC 1 B positiver gegenüber Pin 5, und der Ausgang (Pin 7) strebt in Richtung negativer Werte. Je nach eingeschaltetem Meßbereich kommt nun ein Stromfluß über R 9, R 10, R 11, R 12 oder R 13 zustande. Dabei regelt IC 1 B den Ausgang so weit in Richtung negativer Werte, bis der in ST 3 hineinfließende Strom exakt über einen der Rückkoppelwiderstände R 9 bis R 13 zum Ausgang Pin 7 abfließen kann und die Spannung zwischen Pin 5 und Pin 6 zu 0 V wird, d. h. auch die Spannung zwischen ST 3 und ST 4 beträgt 0 V. R 4 und R 7 besitzen Schutzfunktion für die Eingänge des IC 1 B. Aufgrund der vernachlässigbaren Eingangsströme tritt an diesen Widerständen praktisch kein Spannungsabfall auf.

Die Dimensionierung der Widerstände R 9 bis R 13 ist so gewählt, daß die Ausgangsspannung des IC 1 B (Pin 7) in einem direkten Verhältnis zum Eingangsstrom besteht. Fließt z. B. ein Strom von 2 mA in ST 3 hinein, und der größte Meßbereich ist eingeschaltet (R 9), so ruft dies an R 9 einen Spannungsabfall von

$$U = R \cdot I = 100 \Omega \cdot 2 \text{ mA} = 200 \text{ mV}$$

hervor. Die Spannung steht dann zwischen ST 5 und ST 6 mit negativem Vorzeichen an.

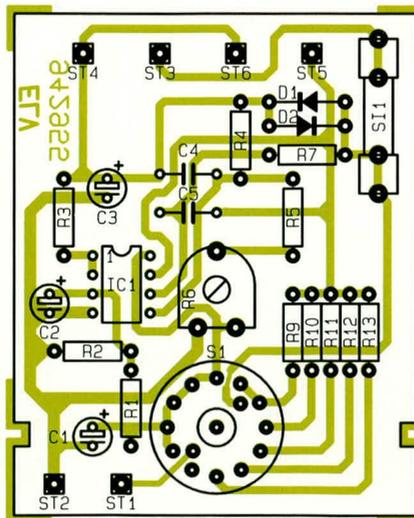
Im Detail sieht der Stromfluß zwischen den Meßeingängen ST 3 und ST 4 wie folgt aus:

Der über ST 3 hineinfließende Strom gelangt über den mit S 1/B ausgewähltem Widerstand (R 9 bis R 13) auf den Ausgang (Pin 7) des IC 1 B. Von Pin 7 fließt der Strom über die Endstufe des Operationsverstärkers zur Schaltungsmasse. Ein entsprechender Ausgleichsstrom wird nun von der Spannungsquelle an ST 1 und ST 2 (9 V-Blockbatterie) bereitgestellt und fließt über die Endstufe des zweiten Operationsverstärkers IC 1 A und schließlich über den Widerstand R 3 zum Meßeingang ST 4 zurück.

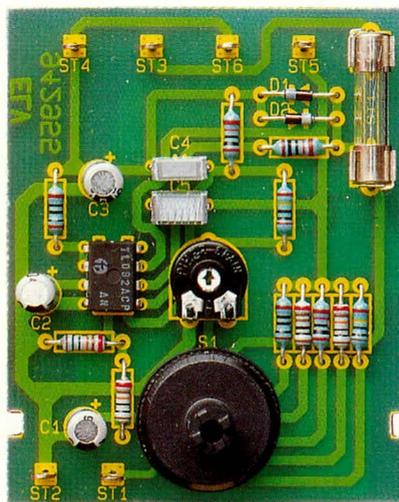
Der durch den Meßstrom bedingte Spannungsabfall an R 3 wird hierbei automatisch durch IC 1 B ausgeregelt, so daß an den Meßeingängen ST 3 und ST 4 prinzipiell keine Spannung abfällt, von wenigen mV Offset-Spannung der Operationsverstärker einmal abgesehen.

Wird das Nano-Ampere-Meter umgepolt, erfolgt der Stromfluß in entgegengesetzter Richtung und ST 5 ist gegenüber ST 6 positiv.

Mit dem Trimmer R 6 wird der Nullpunkt eingestellt, d. h. bei kurzgeschlossenen Meßeingängen wird die Ausgangsspannung zwischen ST 5 und ST 6 auf 0 V gebracht.



Bestückungsplan des Nano-Ampere-Meters



Bestückungsplan des Nano-Ampere-Meters

Stückliste: nA-Meter

Widerstände:

100Ω	R3, R9
1kΩ	R10
10kΩ	R4, R7, R11
100kΩ	R1, R2, R12
1MΩ	R5, R13
PT10, Liegend, 25kΩ	R6

Kondensatoren:

47nF	C4
220nF	C5
10µF/25V	C1 - C3

Halbleiter:

TL082	IC1
DX400	D1, D2

Sonstiges:

- 1 Sicherung, 50mA, mittelträge
- 1 Platinensicherungshalter
- 1 Drehgeber, 2 x 6pol
- 6 Lötstifte mit Lötöse
- 1 Batterieclip für 9V-Block

Nachbau

Der Aufbau dieser kleinen Schaltung ist recht einfach möglich und in kurzer Zeit bewerkstelligt.

Anhand des Bestückungsplanes werden zunächst die 12 Widerstände sowie der Trimmer bestückt und auf der Leiterbahnseite verlötet. Es folgt das Einsetzen der 6 Lötstifte sowie der Kondensatoren C 4 und C 5.

Bei den nun zu bestückenden Bauelementen handelt es sich um gepolte Komponenten, bei denen die Einbaulage eine wichtige Rolle spielt. Zunächst setzen wir die 3 Elkos C 1, C 2 und C 3 ein, deren negativer Anschluß mit einem Minuszeichen gekennzeichnet ist. Das IC 1 ist an Pin 1 mit einem Punkt, einer Markierung oder einer Kerbe versehen, so daß auch hier das Erkennen der richtigen Einbaulage kein Problem darstellt.

Die Katode der beiden Dioden D 1 und D 2 ist mit einem schwarzen Ring markiert (diejenige Seite, in welche die Pfeilspitze des Schaltungssymbols weist).

Die beiden Sicherungshalterhälften werden mit der 50 mA-Sicherung bestückt, auf die Platine gesetzt und verlötet. Der 6stufige Drehgeber wird direkt in die entsprechenden Bohrungen eingesetzt und auf der Leiterbahnseite verlötet.

Es folgt das Anlöten des Batterieclips, wobei die rote (+)-Anschlußleitung mit ST 1 und die schwarze Leitung (-) mit ST 2 zu verbinden ist.

Die Schaltung ist für den Einbau in ein Klarsichtgehäuse geeignet (z. B. Profil-Gehäuse Typ 222 E, ELV-Bestell-Nummer 12 515). An geeigneter Stelle ist dafür eine 6,5 mm-Bohrung für den Drehgeber einzubringen. Die genaue Position der Leiterplatte im Gehäuse und damit die Anordnung der Bohrung ist durch die beiden Haltenasen in der einen Hälfte des Klarsichtgehäuses festgelegt. Die Leiterplatte besitzt zur exakten Fixierung im Gehäuse dazu links und rechts 2 kleine Einkerbungen, die in die Haltenasen des Gehäuses fassen. Zusätzlich ist im Gehäuse Platz für die 9 V-Batterie vorgesehen.

Bevor die Schaltung ins Gehäuse gesetzt wird, sind an der Stirnfläche 4 Bohrungen für die 4 mm-Steckbuchsen einzubringen, um darin die Buchsen zu befestigen und über flexible isolierte Leitungen mit den Platinenschlußpunkten ST 3 bis ST 6 gemäß dem Schaltplan zu verbinden.

Die 9 V-Blockbatterie wird in den noch freien unteren Raum eingesetzt und die zweite Gehäusehalbschale in Längsrichtung aufgeschoben. Damit ist die Leiterplatte im Gehäuse fest verankert und das Nano-Ampere-Meter kann nach einer Funktionsprüfung seinen Dienst aufnehmen.

