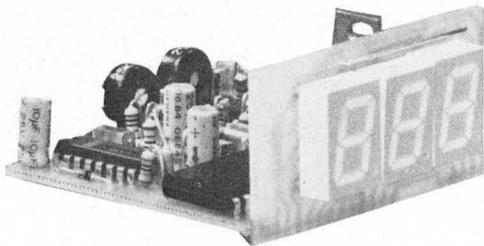


Kfz-Digital-Amperemeter



Mit einem Meßbereichsumfang von ± 200 A stellt dieser Strommesser eine wertvolle Ergänzung der Instrumentierung im Kfz dar. Hinsichtlich der Meßwertaufnahme wurde im ELV-Labor eine besonders einfache, jedoch wirkungsvolle und genaue Möglichkeit entwickelt. Das Ergebnis wird digital auf einem 3stelligen LED-Display angezeigt.

Allgemeines

Strommessungen im Auto sind besonders sinnvoll. Hierbei interessiert weniger der absolute Stromverbrauch, als vielmehr der dem Kfz-Akku entnommene Strom bzw. der Ladestrom. Besonders im Winter kann man hierdurch rechtzeitig erkennen, wenn die Lichtmaschine eine nicht ausreichende Leistung zum Laden der Batterie bereitstellt, weil ohnehin bereits mehrere größere Verbraucher eingeschaltet sind (z. B. Fahrlicht, Heckscheibenheizung, Scheibenwischer, Nebelscheinwerfer). Darüber hinaus wird auch ein Defekt von Lichtmaschine oder Akku schnell erkannt, insbesondere dann, wenn außerdem ein möglichst genaues Voltmeter gleichzeitig zur Verfügung steht.

Bei geringem Ladestrom und zu hoher Bordspannung ist auf einen Defekt des Akkus zu schließen (Innenwiderstand ist stark angestiegen), während ein extrem hoher Ladestrom in Verbindung mit einer hohen Bordspannung, einen Defekt des Reglers erkennen läßt (volle Ladeleistung, ohne Berücksichtigung der Bordspannung). Ein großer Ladestrom bei einer mittleren bis geringen Bordspannung (11 V bis 12 V) deutet auf einen weitgehend entladenen Akku hin, der ggf. dann über ein Netzladegerät zusätzlich über Nacht aufgeladen werden sollte, damit man nicht eines Morgens das Fahrzeug vergeblich zu starten versucht. Besonders im Winter, wenn viele Kurzstreckenfahrten in der Dunkelheit bei eingeschaltetem Fahrlicht vorgenommen werden, ist eine Überwachung des Kfz-Akkus nützlich.

Darüber hinaus können mit einem Kfz-Amperemeter Veränderungen im „Stromhaushalt“ des Kfz-Bordnetzes leicht erkannt werden, so daß frühzeitig evtl. aufgetretene Mängel behoben werden können.

Ein Amperemeter mit digitaler Anzeige und hoher Auflösung ist besonders im Kfz-Bereich einem analog anzeigenden Meßwerk deutlich überlegen, da ein großer Strommeßbereich überstrichen wird. So ist es durchaus nicht unmöglich, wenn Ströme

von mehr als 50 Ampere in den Akku hineinfließen oder auch diesem entnommen werden. Beim Starten des Fahrzeuges können sogar mehrere 100 Ampere fließen. Andererseits ist es ebenso von Interesse, kleinere Ströme ab 1 A zu registrieren, da eine kontinuierliche Entladung mit z. B. 2 A einen Akku mittlerer Kapazität innerhalb von 24 Stunden vollkommen entleert. Bei einem analog anzeigenden Amperemeter mit einem Vollausschlag von z. B. ± 30 A, führt ein Strom von 1 bis 2 A zu einem kaum ablesbaren Ausschlag. Bei dem hier vorgestellten digitalen Amperemeter hingegen werden Ströme ab 1 A eindeutig registriert und das bei einem Meßbereichsendwert von ± 200 A (!) mit zusätzlichem extremen Überlastschutz. Eine Zerstörung durch zu hohe Ströme ist praktisch ausgeschlossen.

Als Besonderheit ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert, daß kein separater „Shunt“ in die Akku-Zuleitung eingefügt zu werden braucht, da durch die neue Schaltungstechnik der Spannungsabfall auf dem Masseband (vom Minuspol des Akkus zum Fahrzeugchassis) ausreicht, um eine „saubere“ und ruhige Anzeige zu erzielen.

Die Experten unter unseren Lesern werden jetzt sicherlich sagen, daß der Temperaturkoeffizient des aus Kupfer bestehenden Massebandes verhältnismäßig groß ist, so daß im Zusammenhang mit den hohen Temperaturschwankungen im Motorraum die Genauigkeitsanzeige eingeschränkt ist. In der Tat würde sich bei einer Temperaturänderung von -20°C auf $+80^{\circ}\text{C}$ ein Meßfehler von ca. 40% (!) ergeben. Die Strommessung in Form eines Spannungsabfalles am Masseband wäre praktisch sinnlos.

Hier kommt nun die Besonderheit der vorliegenden im ELV-Labor entwickelten Schaltung zum Tragen:

Über einen hochwertigen Temperatursensor wird die tatsächliche Temperatur des Massebandes abgefragt. In Verbindung mit einer exakten Schaltungsauslegung und

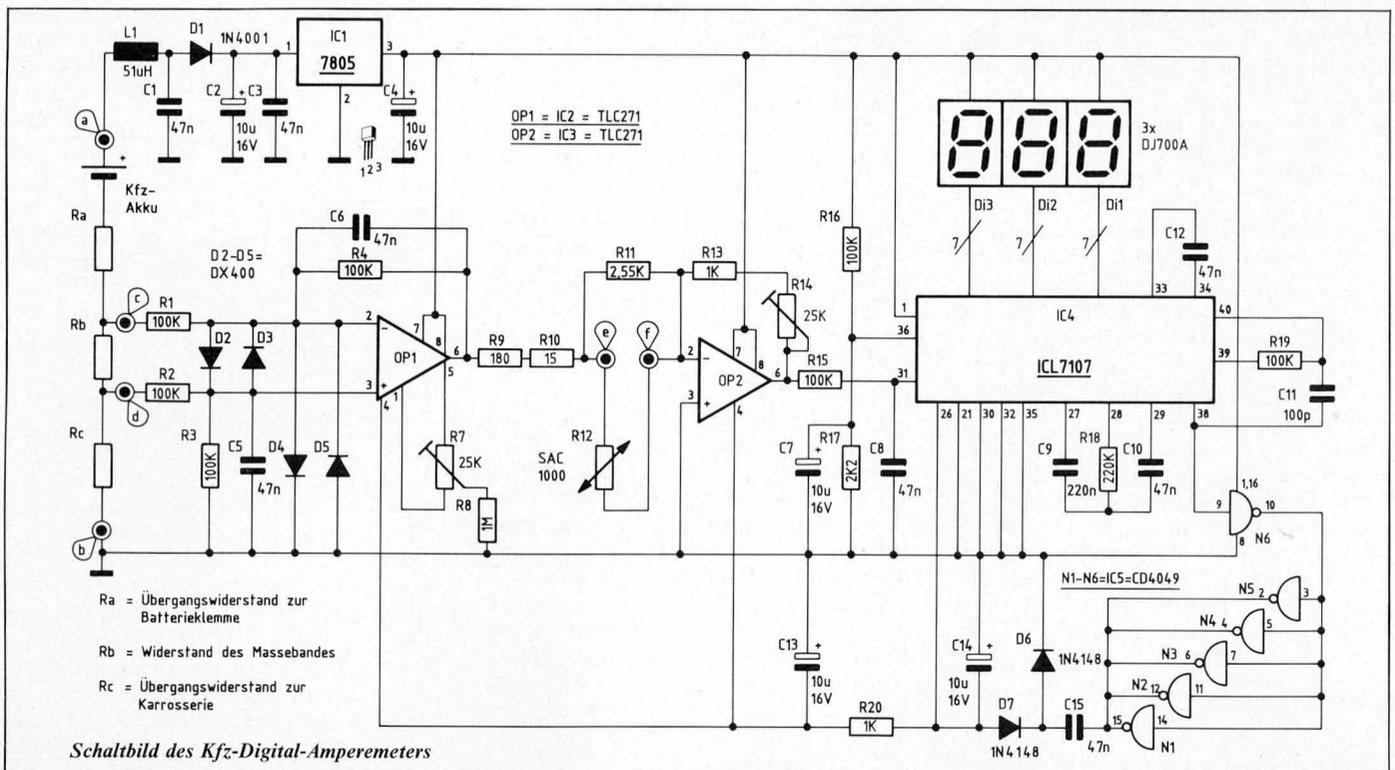
Dimensionierung konnte erreicht werden, daß der Temperaturgang des als „Shunt“ verwendeten Massebandes sehr genau kompensiert wurde. Der rein rechnerisch ermittelte Anzeigenfehler liegt unter Berücksichtigung aller vorkommenden Bauteiltoleranzen im Bereich von 0,1% (!). Die Toleranzen der meisten Bauelemente werden ohnehin durch Einstellung der Verstärkung des Systems einkalibriert. Durch verschiedene äußere Einflüsse bei der mechanischen Ausführung der Meßanordnung (Temperatursensorkontakt zum Masseband usw.), ist jedoch mit einer realistischen Genauigkeit von ca. 1% zu rechnen. Dies ist eine Genauigkeit, die im vorliegenden Anwendungsfall im allgemeinen erheblich über den Erfordernissen liegt.

In diesem Zusammenhang soll noch erwähnt werden, daß aufgrund der hochwertigen Schaltungstechnik das Gerät durchaus in der Lage ist, eine Auflösung von 0,1 A zuverlässig anzuzeigen. Wir haben uns jedoch nach Abschluß unserer praktischen Tests in verschiedenen Fahrzeugen entschlossen, auf diese hohe Auflösung zu verzichten, da auch bei kontinuierlichem Stromverbrauch im Fahrzeug der Ladestrom bzw. Entladestrom des Akkus um mehrere 100 mA schwankt, was wiederum zu einer schwankenden Anzeige führt. Eine ruhige und kontinuierliche Anzeige ist jedoch im allgemeinen eine wesentliche Voraussetzung für ein brauchbares Meßgerät. Dies wurde in der vorliegenden Konzeption bei einer praxisorientierten Auflösung von 1 A voll erreicht.

Zur Schaltung

Als Analog/Digital-Wandler wird das bekannte IC des Typs ICL 7107 (IC 4) verwendet. Eine zwischen den Anschlußbeinen 30 und 31 anliegende Meßspannung wird in einen entsprechenden Digitalwert umgesetzt, der im vorliegenden Fall auf einem dreistelligen LED-Display angezeigt wird.

Damit das IC 4 eine auf Masse bezogene Meßspannung verarbeiten kann, wird mit



Hilfe des IC5 und den Bauteilen D6, D7 sowie C14 und C15 eine zusätzliche negative Versorgungsspannung erzeugt, die an Pin 26 des IC4 anliegt. Über R20/C13 wird eine weitere Siebung vorgenommen, um die beiden Operationsverstärker OP1 und OP2 mit einer negativen Spannung zu versorgen.

Bevor das Meßsignal an Pin 31 des IC4 zur Verfügung steht, durchläuft es die beiden Verstärkerstufen OP1 und OP2 mit Zusatzbeschaltung. Die Arbeitsweise dieser beiden Stufen ist wie folgt:

Bei fast allen Fahrzeugen (von wenigen Ausnahmen einmal abgesehen), ist der Minuspol des Kfz-Akkus mit der Fahrzeugmasse, d. h. mit dem Chassis verbunden. Diese Verbindung ist im allgemeinen mit einem starken, flexiblen Kupferband ausgeführt. Am Akku erfolgt die Befestigung über eine kräftige Metallschelle, während am Chassis ein starker Bolzen für sicheren Halt und gute Kontaktgabe sorgt.

Im vorliegenden Schaltbild ist der Übergangswiderstand vom Minuspol des Kfz-Akkus zur Anschlussstelle und zum eigentlichen Kupferband mit dem Widerstand „Ra“ bezeichnet. Das eigentliche Kupfermasseband trägt die Bezeichnung „Rb“, während die Verbindung vom Kupfermasseband zum Fahrzeug-Chassis mit „Rc“ bezeichnet ist.

Die beiden Anschlußleitungen „c“ und „d“ werden nun in einem möglichst großen Abstand voneinander an das Kupfermasseband angelötet. Hierbei ist der Punkt „c“ an der Seite des Massebandes anzulöten, die zum Kfz-Akku hinweist, während der Punkt „d“ in Richtung Fahrzeug-Chassis anzulöten ist. Auf diese Weise erhält man später auf der Digital-Anzeige ein Minuszeichen, wenn der Akku entladen wird, während das Minuszeichen entfällt, wenn ein Ladestrom in den Akku hineinfließt.

Vertauscht man die Positionen der Anschlußpunkte „c“ und „d“ auf dem Masseband miteinander, würde sich damit die Polarität der Anzeige ändern.

Der Abstand dieser beiden Meßpunkte sollte so gewählt werden, daß bei einer Stromentnahme aus dem Kfz-Akku von ca. 12 A (Motor ausgeschaltet, Fahrlicht eingeschaltet) ein Spannungsabfall von ca. 1,0 mV zwischen diesen beiden Punkten mit einem separaten Multimeter gemessen wird.

Durch die Verstärkungseinstellmöglichkeit auf der Platine des Kfz-Amperemeters in verhältnismäßig weiten Bereichen, kann vorstehend genannter Spannungsabfall durchaus im Bereich von 0,2 mV bis 1,1 mV schwanken. Grundsätzlich kann auf diese Messung zunächst auch verzichtet werden, wobei dann ein Abstand der beiden Meßpunkte von ca. 20 cm gewählt werden sollte. Dieser Abstand kann ohne weiteres etwas schwanken. Ein Minimum von 10 cm sollte jedoch möglichst nicht unterschritten werden, da sonst der auswertbare Spannungsabfall zu gering wird. Auf die genaue Kalibrierung wird im weiteren Verlauf dieses Artikels noch näher eingegangen.

Anzumerken ist noch in diesem Zusammenhang, daß der im Schaltbild mit „Rb“ bezeichnete Widerstand denjenigen Teilwiderstand des Kupfermassebandes darstellt, der zwischen den Anschlußpunkten „c“ und „d“ liegt.

Über die Widerstände R1 und R2 gelangt das Meßsignal auf die beiden Differenzeingänge des Operationsverstärkers OP1. In Verbindung mit den Rückkoppelwiderständen R3 und R4 sowie den zur Stabilisierung dienenden Kondensatoren C5 und C6, ist dieser Verstärker als linearer Differenzverstärker geschaltet, dessen Eingangssignal unabhängig von einer evtl. Potentialverschiebung am Ausgang des OP1

(Pin 6) zur Verfügung steht, und zwar auf die Schaltungsmasse bezogen.

Mit Hilfe dieses Schaltungsteiles werden unerwünschte Spannungsabfälle sowohl auf den verschiedenen Zuleitungen als auch an Übergangswiderständen sorgfältig eliminiert.

Am Ausgang (Pin 6) des OP1 steht daher das von verschiedenen Störeinflüssen befreite Meßsignal an. Diese Spannung ist dem Spannungsabfall zwischen den Meßpunkten „c“ und „d“ direkt proportional. Zur Messung des Lade- bzw. Entladestromes des Kfz-Akkus ist vorgenannte Spannung noch keineswegs geeignet, da der verhältnismäßig große Temperatureinfluß des Kupfermassebandes das Meßergebnis erheblich verfälschen kann.

Zum elektronischen Ausgleich dieses Temperatureinganges durchläuft das an Pin 6 des OP1 anstehende Meßsignal eine weitere Verstärkerstufe, die mit dem OP2 mit Zusatzbeschaltung aufgebaut ist. Ein Teil dieser Verstärkerstufe wird durch den Präzisionstemperaturfühler des Typs SAC 1000 gebildet, der sich ungefähr in der Mitte der beiden Meßanschlüsse „c“ und „d“ auf dem Masseband befindet. Für einen guten thermischen Kontakt ist Sorge zu tragen.

Durch eine exakte Schaltungsdimensionierung wird im vorliegenden Fall erreicht, daß die Verstärkung der mit OP2 gebildeten Stufe derart gesteuert wird, daß das Ausgangssignal des OP2 (Pin 6) vom Temperatureingangs des Referenzzweckes herangezogenen Kupfermassebandes befreit ist.

Wenn sich jetzt bei gleicher Stromentnahme aus dem Kfz-Akku der Spannungsabfall zwischen den Anschlußmeßpunkten „c“ und „d“ aufgrund von Temperaturschwankungen ändert, so wird dies von

dem Präzisionstemperatursensor des Typs SAC 1000 registriert und ausgeglichen. Obwohl sich die Spannung am Ausgang des OP 1 (Pin 6) gleichfalls ändert, bleibt die Spannung am Ausgang des OP 2 (Pin 6) konstant, sofern der aus dem Kfz-Akku entnommene Strom ebenfalls konstant bleibt.

Über R 15/C 9 wird das aufbereitete und verstärkte Meßsignal, das dem Lade- bzw. Entladestrom des Kfz-Akkus direkt proportional ist, gefiltert und dem Meßeingang (Pin 31) des IC 4 zugeführt. Der zweite Meßeingang des IC 4 (Pin 30) liegt auf der Schaltungsmasse, auf die auch das Meßsignal bezogen ist.

Die Stromversorgung der Gesamtschaltung erfolgt über einen Festspannungsregler (IC 1). Zur Entkoppelung und zum Verpolungsschutz ist die Diode D 1 vorgeschaltet. Durch den im allgemeinen hohen Störpegel auf der Kfz-Bordspannung ist zusätzlich die Induktivität L 1 zur Unterdrückung von extremen Störspitzen in die Zuleitung eingefügt.

Zum Nachbau

Auf den beiden kleinen Leiterplatten befindet sich verhältnismäßig viel Elektronik. Die gesamte Ausführung der Schaltung ist daher in sehr kompakter Form vorgenommen. Dies bedingt u. a. eine sehr enge und feine Leiterbahnführung, die sorgfältiges und sauberes Löten voraussetzt, damit die Schaltung später einwandfrei arbeitet.

So ist z. B. darauf zu achten, daß sich die Folienkondensatoren nicht berühren, da diese an ihren Anschlüssen häufig nicht isoliert sind.

Der Aufbau wird ansonsten in gewohnter Weise vorgenommen. Die fertig bestückten Platinen werden anschließend im rechten Winkel miteinander verlötet, und zwar so, daß die Anzeigenplatine ca. 1 bis 2 mm unterhalb der Leiterbahnseite der Basisplatine hervorsteht.

Für den Anschluß der Schaltung im Kfz stehen 3 doppeladrige Leitungen zur Verfügung.

Zum einen werden die Anschlußpunkte „a“ (+) und „b“ (minus/Masse) zur Versorgung der gesamten Schaltung mit entsprechenden Punkten im Kfz verbunden.

Zum anderen werden die beiden Anschlußpunkte „c“ und „d“ an zwei ca. 20 cm auseinanderliegenden Punkten auf dem Kupfermasseband, das vom Minuspol des Kfz-Akkus zum Fahrzeugchassis führt, angelötet (wie bereits weiter vorstehend näher beschrieben).

An einer Stelle, die ungefähr in der Mitte dieser beiden Punkte liegt, wird jetzt der Sensorkopf des Präzisionstemperaturfühlers des Typs SAC 1000 angebracht. Hierbei ist auf einen guten thermischen Kontakt zwischen Sensor und Kupfermasseband Wert zu legen. Keinesfalls darf jedoch ein elektrisch leitendes Teil der Sensorzuleitung (z. B. beschädigtes Kabel) mit dem Kupfermasseband in leitenden Kontakt treten. Ein Defekt der Schaltung würde hierdurch zwar nicht entstehen, ein einwandfreies Arbeiten wäre jedoch nicht mehr gewährleistet.

Die Sensorzuleitung selbst wird an die Anschlußpunkte „e“ und „f“ angelötet.

Für die Kalibrierung wird zunächst das Kupfermasseband direkt am Kfz-Akku (Minuspol) abgenommen, damit sichergestellt ist, daß kein Strom fließt.

Damit die Schaltung weiterhin mit Strom versorgt wird, ist für die Zeit, in der das Masseband vom Akku getrennt ist, der Minuspol der Schaltung, direkt mit dem Minuspol des Akkus zu verbinden.

Der Trimmer R 14 wird auf Rechtsanschlag (im Uhrzeigersinn gedreht) gebracht, um anschließend den Trimmer R 7 so einzustellen, daß auf der dreistelligen Digital-Anzeige ein Wert von „00“ erscheint (bei einem

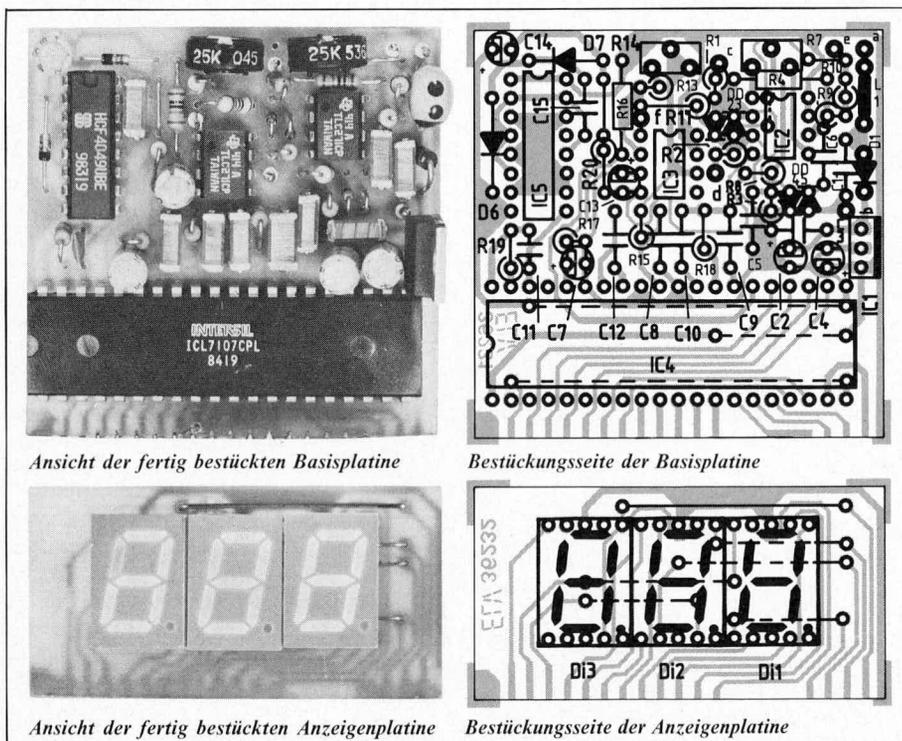
Strom unter 100 A leuchten nur 2 Stellen der digitalen Anzeige). Zur Kontrolle kann am Ausgang des OP 2 (Pin 6) ein Voltmeter angeschlossen werden, dessen Anzeige ebenfalls 0,0 mV zeigt (zur Schaltungsmasse hin gemessen — Pin 3 des OP 2).

Als nächstes verbindet man das Kupfermasseband über ein Amperemeter, das einen Meßbereichsendwert von mind. 10 A aufweisen sollte, wieder mit dem Minuspol des Kfz-Akkus.

Jetzt schaltet man so viele Verbraucher im Kfz ein, daß der fließende Strom möglichst nahe am Meßbereichsendwert des eingefügten Amperemeters liegt. Mit dem Trimmer R 14 wird die Verstärkung des OP 2 so eingestellt, daß der auf der Digital-Anzeige des Kfz-Amperemeters erscheinende Wert mit dem Wert übereinstimmt, den das eingefügte Amperemeter anzeigt. Reicht der Einstellbereich von R 14 nicht aus, so kann der Festwiderstand R 13 durch einen anderen Wert ersetzt werden, der zwischen 100 Ω und 47 k Ω liegen darf.

Sollte ein noch größerer Verstärkungsfaktor erforderlich sein, empfiehlt es sich, den Anschluß der beiden Meßpunkte „c“ und „d“ zu überprüfen und ggf. etwas weiter auseinander zu legen. Bei sehr kurzen Kupfermassebändern muß ein zusätzliches Stückchen Masseband eingefügt werden, das überall im Kfz-Zubehörhandel erhältlich ist. Im allgemeinen dürfte jedoch die vorliegende Dimensionierung der Schaltung für die allermeisten Einsatzvarianten günstig sein.

Abschließend soll noch darauf hingewiesen werden, daß eine korrekte Anzeige selbstverständlich nur dann erfolgen kann, wenn vom Minuspol des Kfz-Akkus nur eine einzige Leitung — nämlich das Kupfermasseband zum Chassis — abgeht. Dies ist bei fast allen Fahrzeugen der Fall (ansonsten müßte ein Stückchen Kupfermasseband direkt vom Minuspol des Kfz-Akkus abgehend zwischengefügt werden).



Stückliste Kfz-Digital-Strommesser (Amperemeter)

Halbleiter

IC1	.....	μ A 7805
IC2, IC3	.....	TLC 271
IC4	.....	ICL 7107
IC5	.....	CD 4049
D1	.....	1N4001
D2-D5	.....	DX 400
D6, D7	.....	1N4148
Di1-Di3	.....	DJ 700 A

Kondensatoren

C1, C3, C5, C6	.....	47 nF
C2, C4, C7, C13, C14	.....	10 μ F/16 V
C8, C10, C12, C15	.....	47 nF
C9	.....	220 nF
C11	.....	100 pF

Widerstände

R1-R4, R 15, R 16, R 19	.....	100 k Ω
R7, R 14	.....	25 k Ω , Trimmer stehend
R8	.....	1 M Ω
R9	.....	180 Ω
R10	.....	15 Ω
R11	.....	2,55 k Ω
R12	.....	Sensor SAC 1000
R13, R20	.....	1 k Ω
R17	.....	2,2 k Ω
R18	.....	220 k Ω

Sonstiges

- L1 Drossel 51 μ H
- 6 Lötstifte
- 20 cm Silberdraht
- 6 m Kabel 2 x 0,4 mm²