



MPR-II/III-E- Feld-Meßgerät

Strahlt Ihr Monitor?

Technische Spezifikationen

Meßbereich:	10...100 V/m
Frequenzbereich:	10 Hz...2 kHz (-1 dB) 5 Hz...5 kHz (-3 dB)
Meßfehler:	< 10%
Meßkapazität:	80 pF
Eingangskapazität:	5 pF
Gleichtaktunterdrückung:	> 60 dB



Jeder PC-Besitzer weiß heutzutage, daß es für die von einem Monitor in seiner Umgebung verursachten Strahlungsemissionen und Feldstärken Vorschriften und Grenzwerte gibt, die eingehalten werden müssen. Gerade aufgrund der kurzen Betrachtungsdistanz spielen die niederfrequenten elektrischen Felder eine wichtige Rolle. Mit dem hier vorgestellten Feldstärkemeßgerät ist es möglich, die von einem Gerät erzeugten elektrischen Wechselfelder entsprechend den Anforderungen der Standards MPR II und MPR III auf einfache Weise selbst zu überprüfen.

Schon im letzten Jahr, nämlich im Januar 1997, hat Elektor ein Meßgerät veröffentlicht, mit dem sich eine wesentliche Komponente einer E-Smog-Belastung, nämlich die Stärke magnetischer Wechselfelder, objektiv überprüfen läßt.

Dieses Teslameter hat auch viel Interesse gefunden und ist in großen Stückzahlen nachgebaut worden. Dazu hat auch ein Test der Zeitschrift "Funkschau" beigetragen, in dem ein unabhängig aufgebautes Muster des Elektor-Teslameters im Vergleich zu Industriegeräten sehr gute Resultate erzielen konnte.

Mit dem nun vorgestellten neuen Feldstärkemeßgerät kann man jetzt auch elektrische Wechselfelder in Hinblick auf ein mögliches Gesundheitsrisiko beurteilen.

Elektrische Wechselfelder verbreitet jedes elektrische Gerät, sobald es mit dem 230-V-Netz verbunden ist. Für die Wirkung auf den Menschen ist neben der Frequenz vor allem die Feldstärke und die Dauer der Einwirkung maßgeblich. Die Feldstärke nimmt mit dem Abstand vom Gerät sehr rasch ab. Dadurch sind die Verhältnisse bei einem Computermonitor deutlich ungünstiger als beispielsweise bei einer

Feld-Meßgerät ist für die Messung elektrischer Wechselfelder ausgelegt. Elektrische Felder entstehen beim Anlegen der Netzspannung. Das Anlegen von 230-V-Netzwechselfeldspannung an einem Netzkabel reicht dafür schon aus. Es braucht kein Strom zu fließen, elektrische Felder treten daher auch bei ausgeschalteten Geräten in Erscheinung. Das ist aber kein Grund zur Panik, da die Feldstärken in diesem Fall

bunden ist, die über einen kapazitiven Abschwächer verfügt. Durch die Verwendung dieses Abschwächers wird erreicht, daß die Gleichtaktspannung am Eingang die Betriebsspannung der Schaltung bei weitem überschreiten kann, im vorliegenden Fall reicht der Gleichtaktbereich bis rund 300 V Spitze-Spitze. Der Abschwächer ist mit einem Abgleich versehen, um eine niedrige definierte Eingangskapazität

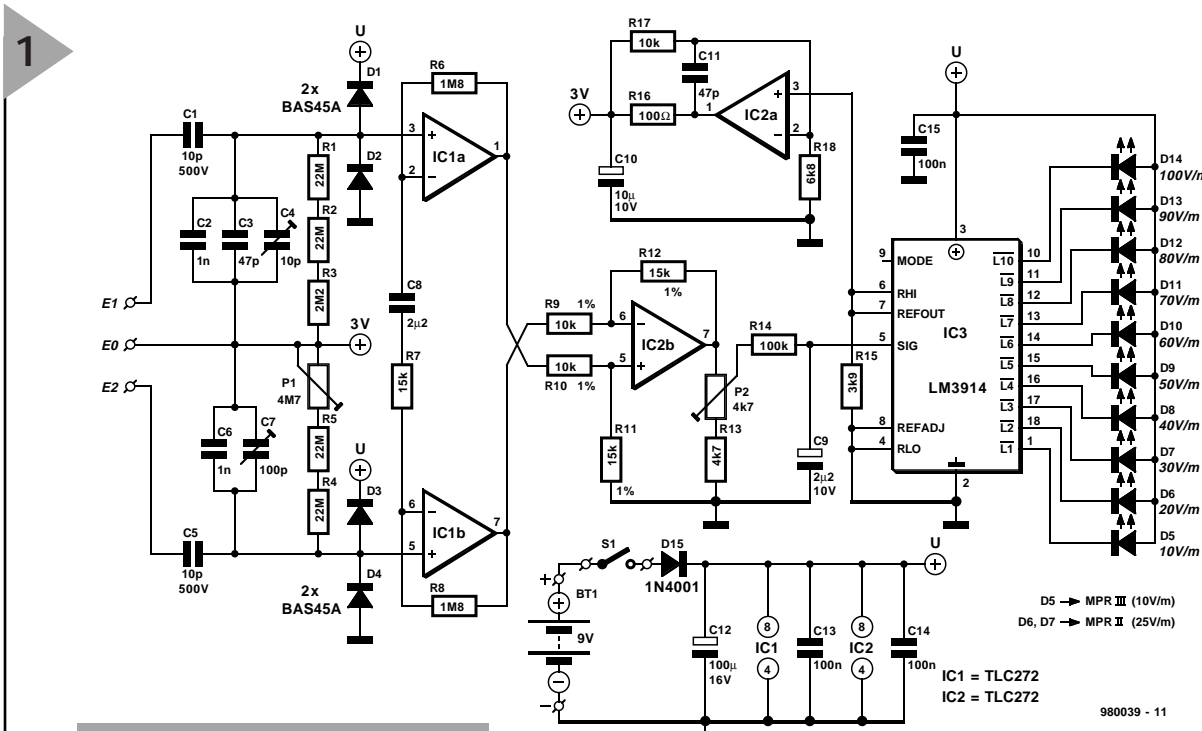


Bild 1. Die Schaltung des Meßgerätes für elektrische Felder.

Waschmaschine, bei der man sich immer nur kurz in unmittelbarer Nähe aufhalten wird. In Beruf und Freizeit verbringen viele auch wesentlich mehr Stunden vor dem Monitor als vor dem Fernseher, und das in viel geringerem Abstand.

Bei den für Computermonitor geltenden Bestimmungen hat Schweden eine Vorreiterrolle gespielt, so daß die dort festgelegten MPR-Normen heute weltweit Beachtung finden. Praktisch alle heute erhältlichen Monitore entsprechen der MPR-II- oder sogar der noch strengeren MPR-III-Norm. Was die elektrische Feldstärke betrifft, kann die Einhaltung dieser beiden Normen mit der im folgenden beschriebenen Schaltung überprüft werden.

ALLES ÜBER FELDER

Strom und Spannung bewirken Felder - magnetische und elektrische. Wenn die Feldstärke konstant bleibt, handelt es sich um statische Felder, bei einer periodischen Änderung der Feldstärke hingegen um ein Wechselfeld. Das E-

nicht sehr groß sind und außerdem bei den Geräten durch ein an den Schutzleiter angeschlossenes, elektrisch leitendes Gehäuse abgeschirmt werden. Befindet sich ein Mensch in einem elektrischen Wechselfeld, wirkt sein Körper wie eine Antenne. In der Folge werden Spannungen induziert. Nervenzellen reagieren schon auf Spannungen ab etwa 15...20 mV, auch auf Zellmembranen können Spannungen in dieser Größenordnung schon Einfluß haben. Unglücklicherweise ist es so, daß die Empfindlichkeit bei einer Frequenz von etwa 50 Hz (= Netzfrequenz) am größten ist. Ein Herzschrittmacher erzielt schon mit einer Spannung von 1 mV eine Wirkung, nämlich die Kontraktion eines Herzmuskels.

ENTWURF

Die Schaltung des E-Feld-Meßgeräts ist in Bild 1 zu sehen. Im Prinzip kann man vier Teilschaltungen unterscheiden. Als E-Feld-Sensor wird ein selbstgebauter Plattenkondensator verwendet, der mit einer Eingangsstufe ver-

mit einer hohen Gleichtaktunterdrückung kombinieren zu können. Die niedrige Eingangskapazität ist erforderlich, um die Meßkapazität so wenig wie möglich zu belasten. Der kapazitiv gekoppelte Meßkondensator wurde bewußt großflächig ausgeführt, um möglichst ähnliche Verhältnisse zu schaffen wie in der Praxis (des Menschen im E-Feld).

Über die Widerstände R1...R5 und P1 erhält die Schaltung eine Bezugsgleichspannung von 3 V zur Einstellung der Opamps IC1a und IC1b. Für die benötigte hohe Gleichtaktunterdrückung mit möglichst symmetrischer Belastung des Meßkondensators wurde die klassische Instrumenten-Verstärker-Konfiguration gewählt. Die Eingangsstufe verstärkt Gleichspannungen 1,5fach und Wechselfspannungen 361,5fach. Angesichts der geringen Gleichspannungsverstärkung kann man auf eine Kompensation des Gleichspannungs-Offsets der Opamps verzichten. Auf die Eingangsstufe folgt mit IC2b

2

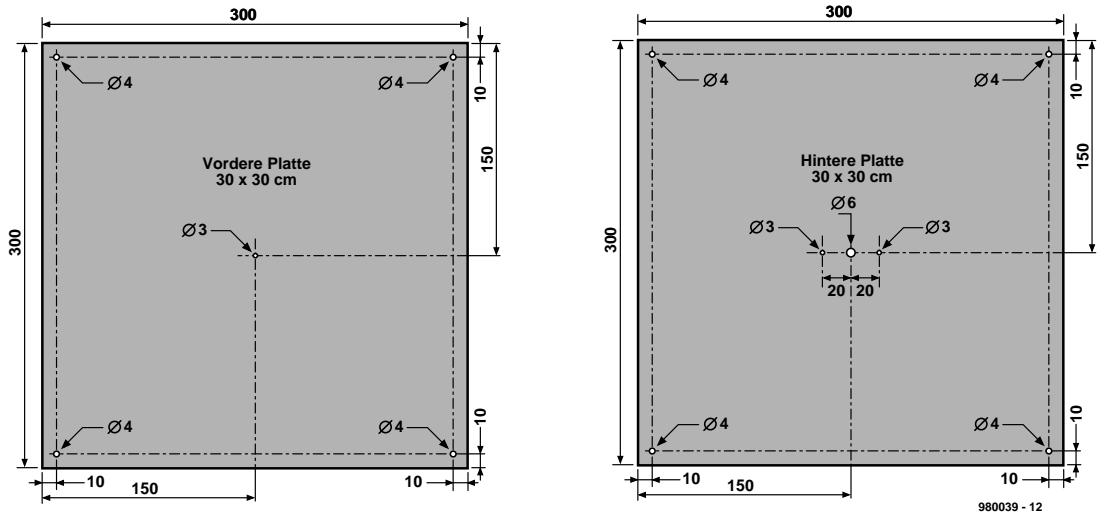


Bild 2. Maßskizze für die Anfertigung der beiden Kondensatorplatten, die mit 1 cm Zwischenraum montiert werden und so einen Luftkondensator mit 80 pF Kapazität bilden.

ein aktiver Einweggleichrichter. Dabei wurde die Tatsache ausgenutzt, daß der Opamp zwar sowohl positive als auch negative Spannungsdifferenzen an seinem Eingang verstärkt, aber an seinem Ausgang aufgrund der unsymmetrischen Betriebsspannung nur positive Werte annehmen kann.

Die Spannungsverstärkung läßt sich mit P2 einstellen. Das RC-Netzwerk R14/C9 bildet den Mittelwert des gleichgerichteten Signals. Die so gebildete Gleichspannung wird an den Eingang des bekannten LED-Zeilen-ICs LM3914 angelegt. Am Ausgang dieses ICs sind zehn LEDs in einer Reihe angeordnet. Die erste LED (D1) leuchtet bei einer Eingangsspannung von 0,125 V auf, die oberste LED D10 bei einem Wert von 1,25 V. Mit dieser Anzeige erhält man eine LED-Skala mit einem Anzeigebereich zwischen 1 V/m und 100 V/m, was den Anwendungsbereich der Schaltung ausreichend abdeckt.

Wie schon im Schaltbild angegeben ist, liegen die Grenzwerte für Messungen nach MPR II/III im unteren Bereich der Skala (D1...D3).

Die im LM3914 erzeugte Referenzspannung wird ausgekoppelt, mit IC2a auf 3 V verstärkt und dann als Gleichspannungsreferenz für den Instrumentenverstärker verwendet.

Zur Stromversorgung genügt eine 9-V-Batterie. Die Schaltung wird mit D15 vor einer falsch gepolten Batterie geschützt.

AUFBAU

Wichtigstes und größtes Bauteil ist der E-Feld-Sensor, den es selbst anzufertigen gilt. Es handelt sich um einen Luftplattenkondensator mit einer Kapazität

Monitor-Test

Das wechselnde elektrische Feld eines Computermonitors ist bei einem weißen Hintergrund bei maximaler Helligkeit am größten. Bei Windows kann man dafür entweder die Hintergrundfarbe einstellen oder - noch einfacher - ein Textverarbeitungsprogramm (z.B. Word) laden.

Wenn der Monitor der MPR-II-Norm entspricht, dann darf in einem Abstand von 50 cm die LED D3 gerade noch aufleuchten. Bei einem Monitor, der die MPR-III-Norm erfüllt, beträgt der Meßabstand 30 cm - und es darf nur noch die LED D1 aufleuchten.

3

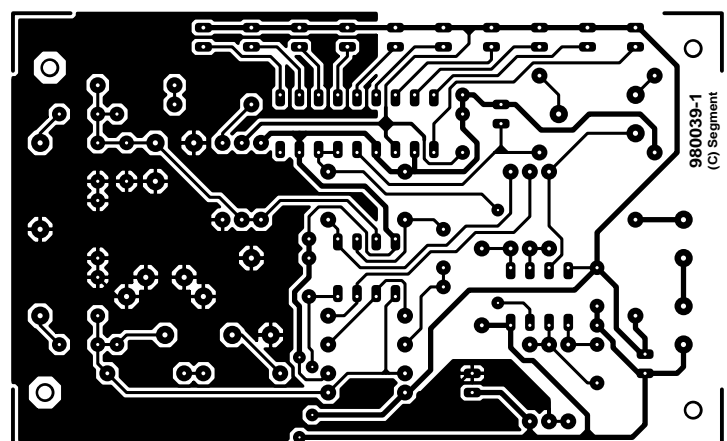
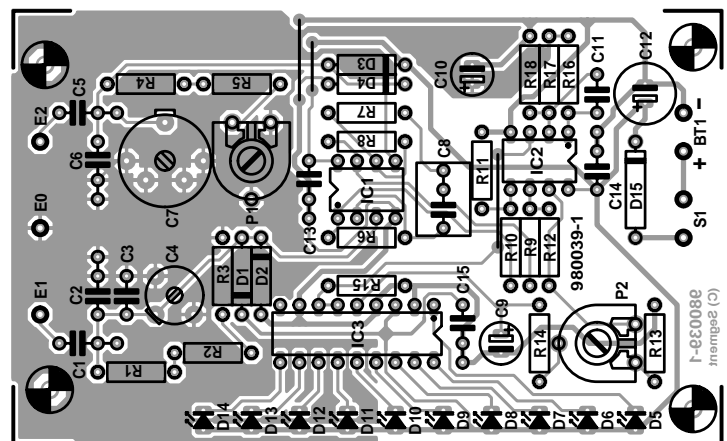


Bild 3. Layout und Bestückungsplan der Platine.

von 80 pF. Die beiden quadratischen Kondensatorplatten haben die Abmessungen 30 cm x 30 cm, der Plattenabstand beträgt 10 mm. Eine Maßskizze ist in **Bild 2** angegeben. Für die Platten verwendet man am besten Aluminiumblech, schon aus Gewichtsgründen. Der Abstand zwischen den Platten wird durch Kunststoff-Abstandsrollchen festgelegt, die in jeder Ecke und in der Plattenmitte zusammen mit Kunststoff-Schrauben (Polyamid) für die mechanische Stabilität des Plattenkondensators sorgen. Der Einfluß die-

ser Kunststoffteile auf die Eigenschaften des Kondensators kann aufgrund ihrer im Verhältnis zur Plattenfläche geringen Querschnitte vernachlässigt werden.

Die Bestückung der in **Bild 3** mit Layout und Bestückungsplan dargestellten Platine beginnt mit den drei Drahtbrücken, gefolgt von den übrigen passiven Bauteilen. Für die ICs sollte man geeignet Fassungen verwenden. Die Eingänge der verwendeten CMOS-Opamps können durch statische Ladungen beschädigt werden. Dabei kann es auch sein, daß man es nicht direkt merkt, weil der Opamp zwar noch funktioniert, aber mit wesentlich schlechteren Eigenschaften. Das IC muß daher durch leitendes Moosgummi bis zum Einsetzen geschützt werden. Beim Einsetzen geerdetes

beiden äußeren Löcher verwendet man, um die Kondensatorplatte mit Hilfe von zwei etwa 10 mm langen M3-Schrauben mit dem Gehäuse zu verschrauben. Die mittlere Bohrung ist in beiden Kondensatorplatten zu finden. Auf der vorderen Platte weist sie einen Durchmesser von 3 mm und auf der dahinterliegende Platte einen von 6 mm auf. Durch diese beiden Bohrungen schiebt man eine etwa 20 mm lange M3-Schraube mit einem Abstandsrollchen von 10 mm zwischen den beiden Platten. Dann zieht man die Schraube ebenfalls fest, die somit die Verbindung zwischen der äußeren Platte und dem Gehäuse herstellt, wobei die beiden Platten elektrisch voneinander isoliert bleiben.

Nachdem der Feldsensor nun mit drei Schrauben stabil mit dem Gehäuse ver-

Stückliste

Widerstände:

R1,R2,R4,R5 = 22 M
R3 = 2M2
R6,R8 = 1M8
R7 = 15 k
R9,R10 = 10 k 1%
R11,R12 = 15 k 1%
R13 = 4k7
R14 = 100 k
R15 = 3k9
R16 = 100 Ω
R17 = 10 k
R18 = 6k8
P1 = 4M7 Trimpoti
P2 = 4k7 Trimpoti

Kondensatoren:

C1,C5 = 10 p/500 V 5%
C2,C6 = 1 n MKT 5%
C3,C11 = 47 p
C4 = 10 p Trimmer
C7 = 100 p Trimmer
C8 = 2µ2 MKT
C9 = 2µ2/10 V stehend
C10 = 10 µ/10 V stehend
C12 = 100 µ/16 V stehend
C13...C15 = 100 n keramisch (z.B. Sibati)

Halbleiter:

D1...D4 = BAS45A (Philips)
D5...D7 = LED grün, high efficiency
D8...D10 = LED orange, high efficiency
D11...D14 = LED rot, high efficiency
D15 = 1N4001
IC1,IC2 = TLC272CP
IC3 = LM3914N

Außerdem:

BT1 = Batterie 9 V (6F22)
S1 = Schalter mit Schließer
Gehäuse, z.B. Bopla E430
2 Aluminiumbleche, 30 cm x 30 cm (1 mm Blechstärke)
4 M4-Kunststoffschrauben, Länge 15 mm mit Muttern
1 M3-Schraube, Länge 15 mm
2 M3-Schrauben, Länge 10 mm
4 M3-Schrauben, Länge 20 mm
4 Abstandsrollchen 15 mm Länge
5 M3-Muttern
2 Lötösen 3 mm
5 Abstandsrollchen 10 mm Länge
15 cm Schaltdraht isoliert
9-V-Batterie mit Anschlußclip
Platine 980039-1 (siehe Serviceseite in der Heftmitte)

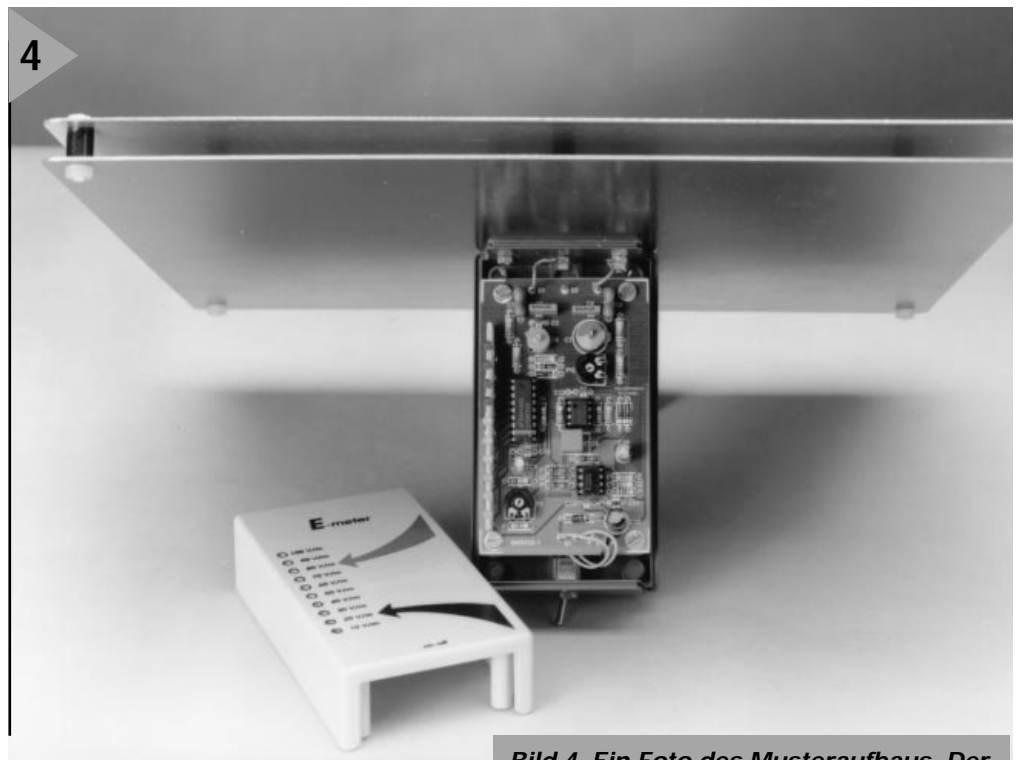


Bild 4. Ein Foto des Musteraufbaus. Der als Feldstärke-sensor dienende Luftkondensator wird mit drei M-3-Schrauben am Gehäuse befestigt.

Werkzeug verwenden und ein Berühren der Anschlußpins vermeiden.

Die Platine wird mit etwa 15 mm langen Abstandsrollchen und entsprechenden Schrauben im Gehäuse befestigt. So kann man die LEDs leicht durch die zuvor angebrachten Bohrungen im gehäusedeckel stecken. Für die Unterbringung der Batterie ist dann unter der Platine genügend Platz, allerdings sollte man die Batterie im Gehäuse fixieren und gegenüber der Platine isolieren.

Für die (mechanische) Verbindung zwischen dem Feldsensor und dem Gehäuse sind in der Mitte der einen Kondensatorplatte drei Bohrungen vorgesehen (siehe Bild 2). In die Gehäusevorderseite bohrt man drei gleich angeordnete 3-mm-Löcher. Die

bunden ist, bleibt noch der elektrische Anschluß an die Schaltung. Die Mittlere Schraube wird über ein kurzes Drahtstück mit dem Eingang E1 verbunden, von den anderen beiden schrauben wird nur die rechte mit ebenfalls über ein kurzes Drahtstück mit E2 verbunden. Für die Verbindung zur Schraube kann man am besten eine passende Lötöse mit M-3-Mutter verwenden.

Einzelheiten der Konstruktion sind auch in **Bild 4** zu sehen.

Nach Einbau der Batterie und des Ein-Aus-Schalters kann man das Meßgerät in Betrieb nehmen.

ABGLEICH

Für eine hohe Gleichtaktunterdrückung muß der Abschwächer möglichst symmetrisch sein. Bei niedrigen Frequenzen (unter 100 Hz) zählt die Symmetrie der Widerstände, bei höheren Frequenzen die der Kondensatoren. Für den Abgleich benötigt man einen Funktionsgenerator und ein Digitalmultimeter, das im Gleichspannungsbereich an den Kondensator C9 angeschlossen wird. E1 und E2 verbindet man jetzt miteinander und schließt zwischen E1 (Signal) und E0 (Masse) den Funktionsgenerator an, der auf ein sinusförmiges Signal mit etwa 1 kHz und maximaler Amplitude eingestellt wird. Mit C7 (Grobabgleich) erfolgt ein Abgleich auf Minimum der mit dem DMM an C9 gemessenen Spannung. Danach das gleiche noch mal mit C4 (Feinabgleich).

Jetzt ändert man die Frequenz auf 10 Hz und gleicht mit dem Trimpoti P1 wiederum auf Spannungsminimum am Meßgerät ab.

So weit der Gleichtaktabgleich. Als

nächstes folgt der Verstärkungsabgleich. Dazu wird die Verbindung zwischen E1 und E2 wieder entfernt und das Signal des Funktionsgenerators an diese beiden Eingänge angeschlossen (E0 bleibt frei). Dabei sollten die Kabel nicht in der Nähe des Abschwächers auf der Platine liegen, um eine Fehlmessung durch Übersprechen zu vermeiden. Die Ausgangsspannung des Funktionsgenerators wird jetzt auf 1 V effektiv eingestellt (Messen mit dem Multimeter) und die Verstärkung mit P2 so abgeglichen, daß die LED D10 gerade eben aufleuchtet. Damit ist das Kapitel Abgleich auch schon beendet.

TIPS AM SCHLUSS

Anstelle des Signals vom Funktionsgenerator kann man auch eine Wechselspannung (etwa 12 V) von der Sekundärseite eines kleinen Netztrafos verwenden, wobei der Abgleich der Symmetrie (minimale Spannung an C9) genauso erfolgt wie zuvor mit dem Funktionsgenerator beschrieben.

Für die Verstärkungseinstellung muß

man die Trafowechselspannung an ein Poti von 1 k anschließen, damit man am Schleifer die benötigte Spannung von 1 V effektiv einstellen kann. Diese 1 V effektiv verwendet man dann genauso wie die 1 V effektiv vom Funktionsgenerator.

Ist beim Abgleich der Einstellbereich von C7 zu klein, wird der Wert von C3 variiert (größer oder kleiner). Dieses Problem tritt auf, wenn die Kondensatoren C1, C2, C5 oder C6 zu große Toleranzen aufweisen.

Wenn man mit dem fertigen Feldstärkemesser an verschiedenen Stellen in Haus, Wohnung oder Büro Messungen vornimmt, wird man feststellen, daß man es teilweise doch mit höheren Feldstärken zu tun hat. Wie bereits erwähnt, unterbindet ein elektrisch leitendes und geerdetes Gehäuse die Ausbreitung elektrischer Felder. Welche Maßnahmen man auch trifft - mit dem E-Feldmesser kann man jedenfalls sofort feststellen, ob sie wirken.

(980038)