

Digitale Übersteuerungsanzeige

Dem Toningenieur auf die Finger geschaut

Vor einigen Monaten machte uns ein Leser auf ein eigentlich unglaubliches Phänomen aufmerksam: Etliche seiner CDs würden "schlecht" klingen, und unser Leser behauptete, sie seien übersteuert. Da unsere Überprüfung zum gleichen Schluß kam, haben wir in der Zwischenzeit einen Detektor entwickelt, mit dem Sie die Qualität Ihrer eigenen CDs selbst überprüfen können.



Übersteuerte CDs - eigentlich sollte man so etwas nicht für möglich halten. Beim Rundfunk, bei Schallplatten, Video- und Audio-Kassetten kann man angesichts des begrenzten Dynamikumfangs dieser Medien noch verstehen, daß hier und da Übersteuerungen passieren, wenn man das Grundrauschen niedrig haben möchte. Die 96 dB der 16-bit-Kodierung einer CD sollten allerdings genug Spielraum für die

Aufzeichnung leiser Töne **und** lauter Passagen bieten.

Elektor-Leser Richard van Everdingen kam dem Phänomen auf die Spur, als er einigen seiner schlecht klingenden CDs mit einem VU-Meter auf den Leib rückte. Dabei zeigte sich, daß sich die Anzeige auffallend lange und oft um den 0-dB-Punkt herum aufhielt. 0 dB ist allerdings der höchste Pegel, der mit den 16 bit einer CD abbildbar ist. Die-

ses Maximum ist deshalb lediglich für die absoluten Signalspitzen eines Audiosignals reserviert. Die mittlere Anzeige eines VU-Meters sollte sich daher folgerichtig nie in diesem Bereich bewegen, sondern sich auch bei lauten Passagen eher im Bereich von -12...-6 dB aufhalten. War das VU-Meter zu empfindlich oder falsch kalibriert?

Was liegt näher, als sich die Signale einmal mit einem Oszilloskop anzuschauen? Herr van Everdingen mußte zu seiner Überraschung feststellen, daß tatsächlich genau diese Musikpassagen, die mit 0 dB angezeigt wurden, kräftig übersteuert waren. Dies zeigte sich in geklippten (gekappten) Signalspitzen. Bei einigen CDs war dies optisch nur sehr schwach der Fall - bei anderen hingegen waren kräftige Signalverformungen festzustellen. In **Bild 1** finden Sie zwei Beispiele, von denen

wir Ihnen versichern können, das es noch lange nicht die schlimmsten Vertreter ihrer Art sind.

Die übersteuerten Signale haben neben dem fiesen Klang auch noch eine eingeschränkte Dynamik zur Folge. Bei der heutigen Qualität von Verstärkern und Lautsprechern scheppern dem Musikliebhaber deshalb die Klangartefakte gleich in High Fidelity um die Ohren!

SCHWARZE SCHAFFE?

Bleibt die Frage, ob sich lediglich in der Sammlung von Herrn van Everdingen zufällig einige schlecht produzierte CDs befinden oder ob die Schlamperei Methode hat. Überprüfungen im Elektor-Labor ergaben, daß es doch ganz schön viele "Ausnahmen" gibt. Im Zeitalter digitalster Recording-Methoden und computergesteuerter Produktionen wäre so eine

schlechte Produktqualität eigentlich nicht zu erwarten. Einer unserer Leser hat deshalb auch schon zwei Platten-Labels kontaktiert. Was er dabei als Erklärung zu hören bekam, möchten wir Ihnen nicht vorenthalten: Angeblich werden etliche Aufnahmen nämlich im Studio auf Wunsch der Musiker bewußt übersteuert. Die Musiker glauben, daß ihre Stücke durch den nun höheren Lautstärke-

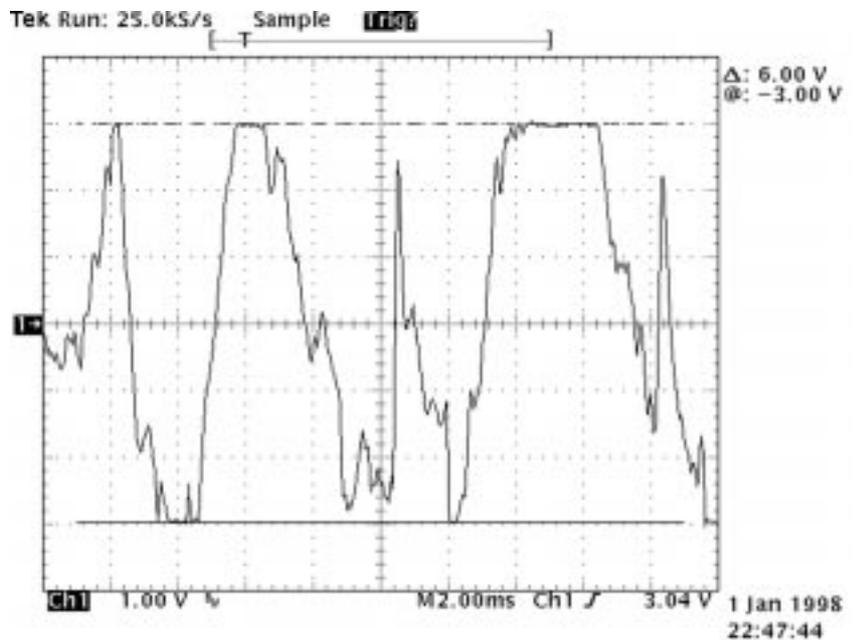
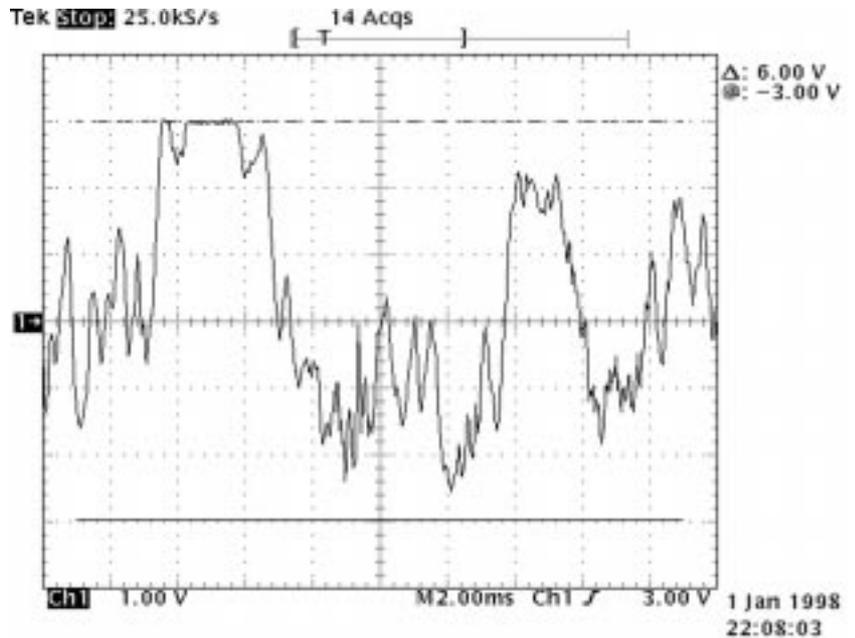


Bild 1. Zwei (willkürlich ausgesuchte) Beispiele von Übersteuerungen bei modernen (digital aufgezeichneten) CDs.

pegel bei der Sendung via Radio aus der Masse herausragen würden.

Was immer man von so einer Erklärung halten mag - selbst wenn sie stimmt, ist immer noch die Frage, weshalb die Konsumenten den Geltungsdrang von Musikern mit miserabler Tonqualität bezahlen sollen. Die Produktionsfirmen hoffen wohl, daß Musikliebhaber nichts merken und auch weiterhin gerne für schlechte Produkte bezahlen.

WAS TUN?

Qualitätsbewußte Musikhörer haben also ein Problem. Übersteuerte Aufnahmen lassen sich nachträglich leider mit keinem noch so ausgetüftelten elektronischen oder computergestütz-

ten Verfahren mehr reparieren. Die Information, die im Aufnahmestudio durch Übersteuerung abgeschnitten wurde, fehlt einfach und ist durch nichts - außer vielleicht einer neuen Aufnahme - zu ersetzen.

Eine mögliche Reaktion wäre, solche CDs einfach nicht zu kaufen. Um sich aber seiner Sache sicher zu sein, braucht man ein möglichst eindeutiges und praktikables Meßinstrument. Schließlich ist es keine Alternative, ein Oszilloskop in den Plattenladen zu schleppen und durch x-faches Abspielen verdächtiger Stellen zunächst die Verkäufer zu tyrannisieren und außerdem noch jede Menge Zeit zu verplempern.

Für diesen Zweck und um seine CD-Sammlung zu checken, muß ein

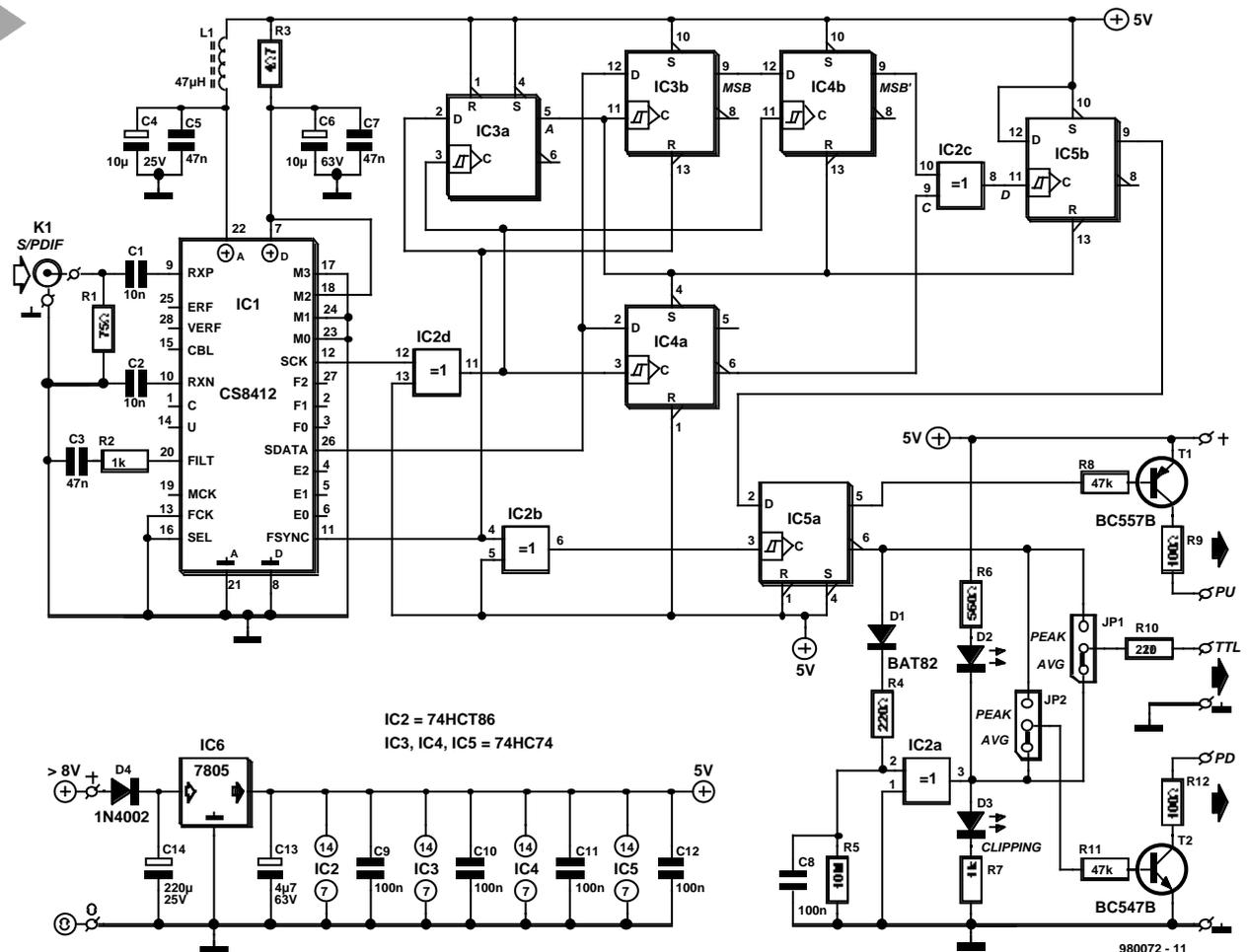


Bild 2. Die komplette Schaltung der Übersteuerungsanzeige besteht aus einem integrierten Interface-Receiver und einigen geschickt verschalteten Flip-Flops.

möglichst kleines, möglichst unkompliziertes Meßgerät her, das eindeutige Ergebnisse liefert, leicht anschließ- und ablesbar ist. Schließlich muß die Prüfung von verdächtigen CDs auch praktikabel sein und nicht gleich den massiven Einsatz des gesamten Hobby-Labors erzwingen. Als nächster Schritt steht deshalb die Überlegung an, auf was eigentlich so ein Übersteuerungsdetektor reagieren soll. Aus dem bisher Gesagten geht klar hervor, daß das Registrieren des Erreichens des 0-dB-Pegels nicht genügt. Das schließlich kann bei einzelnen Signalspitzen schon einmal passieren und ein so gebautes Gerät wäre wegen seiner häufigen falschen Fehlermeldungen wertlos. Eine Übersteuerung liegt ja nur vor, wenn nicht nur ein Wert, sondern mehrere aufeinanderfolgende digitale Samples den 0-dB-Wert aufweisen. Selbstredend müssen also digitale Werte überwacht und nicht etwa die Analog-Ausgänge eines CD-Players verwendet werden. Nun stehen alle wesentliche Kriterien für einen präzisen Übersteuerungsdetektor fest: Er muß über einen Digital Eingang verfügen, er muß mehrere aufeinanderfolgende 0-dB-Samples als Fehler erkennen und zur Anzeige

genügen zwei LEDs. Eine grüne LED soll leuchten, wenn alles in Ordnung ist. Eine - Sie haben es erraten - rote LED signalisiert den Übersteuerungsfall. Als äußerst preiswertes Feature wäre ein Digitalausgang nicht schlecht, der mit Hilfe eines angeschlossenen Zählers die Registrierung der Anzahl an Übersteuerungen eines CD-Tracks ermöglicht.

ÜBERSTEUERUNGS-HARDWARE

Bild 2 zeigt die komplette Schaltung des Übersteuerungs-Detektors. K1 wird mit dem Digitalausgang des CD-Players verbunden. Um die Sache einfach und gleichzeitig vielfältig einsetzbar zu machen, sorgt der integrierte Interface-Receiver CS8412 (IC1) für die Extraktion der seriellen digitalen Signale (SDATA) aus dem angebotenen S/PDIF-Signal. IC1 kann dabei mit allen gängigen Sample-Frequenzen umgehen, was die Schaltung deshalb auch für den Einsatz mit anderen digitalen Audiogeräten geeignet macht. Das digitale Audiosignal wird mittels eines Bit- und Wort-Taktes (SCK bzw. FSYNC) ausgelesen. Das Ausgangssig-

nal von IC1 ist auf ein spezielles Format eingestellt (normal mode FMT 4: M0=M1=M3=0; M2=1), bei dem unabhängig von links und rechts jedem Taktimpuls ein Audio-Sample folgt.

Die Audiodaten sind in 2-Komplement-Format kodiert. Um Minima und Maxima zu registrieren, muß demnach auch das MSB beachtet werden. Bei den Extremwerten weist das MSB den gegensätzlichen Wert der restlichen Bits auf. Um Minima und Maxima zu erfassen, wird von einer EXOR-Funktion Gebrauch gemacht.

FUNKTION

Die eigentliche Signalverarbeitung wird von gängigen Logik-ICs erledigt. Es handelt sich dabei im wesentlichen um einige geschickt verschaltete D-Flip-Flops. Das Impuls/Zeit-Diagramm in Bild 3 gibt einen Überblick über die wichtigsten Signalverläufe. Zuerst wird für jedes neue Sample ein Taktsignal generiert, mit Hilfe dessen das MSB in ein Flip-Flop geschrieben wird. Dieser Schaltungsteil ist um IC3a und IC3b herum aufgebaut. In IC3a wird mittels des invertierten SCK-Signals (IC2d) das FSNC-Signal

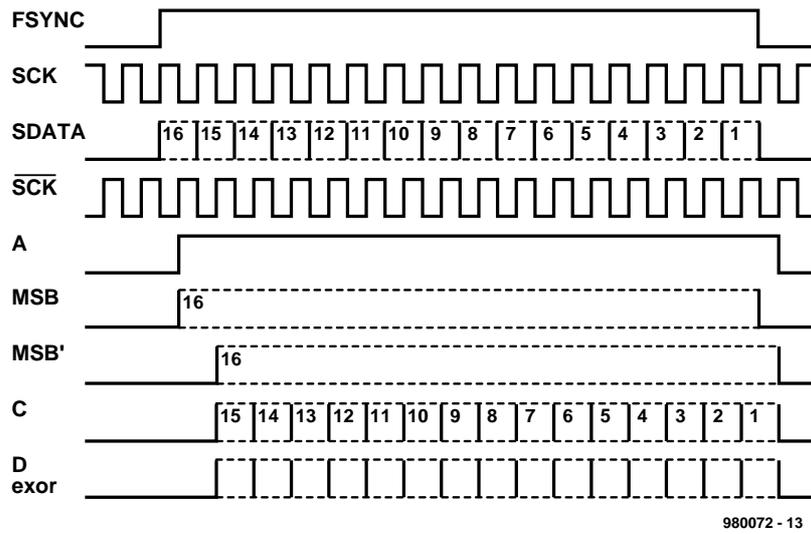
geschrieben. Der Q-Ausgang von IC3a liefert demzufolge den Takt für das MSB. Der Takteingang von IC3b wird nun während der Gültigkeit des MSB "high", wodurch das MSB des Audio-signals festgehalten wird (Pin 9 von IC3b). Um dem als Komparator arbeitenden EXOR-Gatter IC2c das MSB gleichzeitig mit dem folgenden Bit anzubieten, wird das MSB nochmals in IC4b zwischengespeichert.

Die restlichen Bits werden über IC4a verarbeitet. Da der S-Eingang mit dem A-Signal verbunden ist, bleibt der invertierte Ausgang solange "low", bis alle restlichen Bit (Signal C) durchgelaufen sind. Auf diese Weise müssen alle restlichen Bit den gleichen Logik-Pegel aufweisen, damit ein Maximum oder Minimum erkannt wird. Falls ein Pegelwechsel stattfindet, wird der invertierte Ausgang High und IC5b wird getriggert. Kurz: Solange kein Extremwert erkannt wird, bleibt der Ausgang von IC5b High.

Um den Schaltungszustand auch auf das jeweilige Sample zu beziehen, werden die meisten Flip-Flops durch Signal A immer wieder zurückgesetzt. Bei IC5b wird sein Ausgangspegel (durch

3

Bild 3. Anhand dieses Impulsdigramms können die Signale der Schaltung verfolgt werden.



das über IC2b invertierte FSYNC-Signal) in IC5a eingelezen. Da IC5a nicht pro Sample zurückgesetzt wird, ist hierin das Resultat des letzten Samples

zu finden. Sein invertierter Ausgang bleibt deshalb solange Low, wie aufeinanderfolgende Maximalwerte auftreten. Andernfalls treten hier perma-

Stückliste

Widerstände:

- R1 = 75 Ω
- R2, R7 = 1 k
- R3 = 4Ω7
- R4, R10 = 220 Ω
- R5 = 10 M
- R6 = 560 Ω
- R8, R11 = 47 k
- R9, R12 = 100 Ω

Kondensatoren:

- C1, C2 = 100 n keramisch
- C3 = 47 n
- C4, C6 10 µ/63 V stehend
- C5, C7 = 47 n keramisch
- C8...C12 = 100 n
- C13 = 4µ7/63 V stehend
- C14 = 220 µ/25 V stehend

Halbleiter:

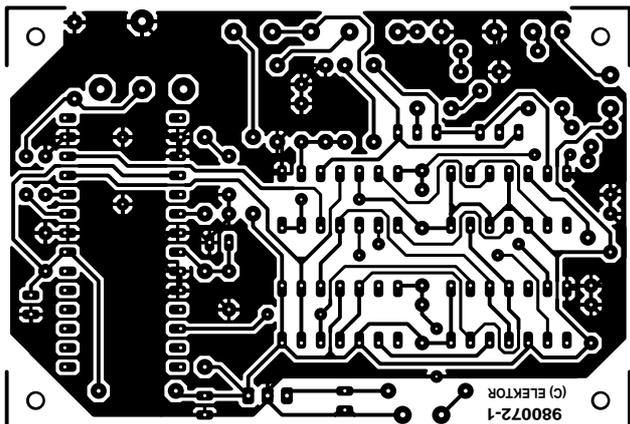
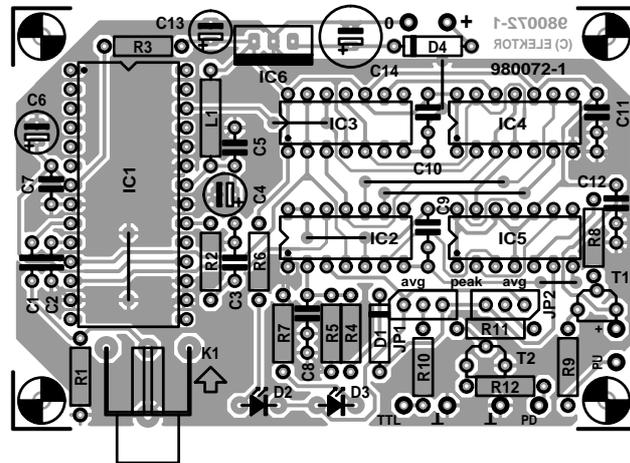
- D1 = BAT82
- D2 = LED grün, high efficiency
- D3 = LED rot, high efficiency
- T1 = BC557B
- T2 = BC547B
- IC1 = CS8412 (Crystal Semiconductor)
- IC2 = 74HCT86
- IC3...IC5 = 74HC74
- IC6 = 7805

Außerdem:

- L1 = Spule 47 µH
- JP1, JP3 = 3-poliger Pfostenverbinder mit Jumper
- K1 = Cinch-Buchse für Platinenmontage (Monacor T-709G)
- Gehäuse: Bopla E430
- Platine: EPS 980072-1 (siehe Service-Seiten in der Heftmitte)

4

Bild 4. Die sorgfältig entworfene Platine ermöglicht einen besonders einfachen Aufbau der Schaltung.



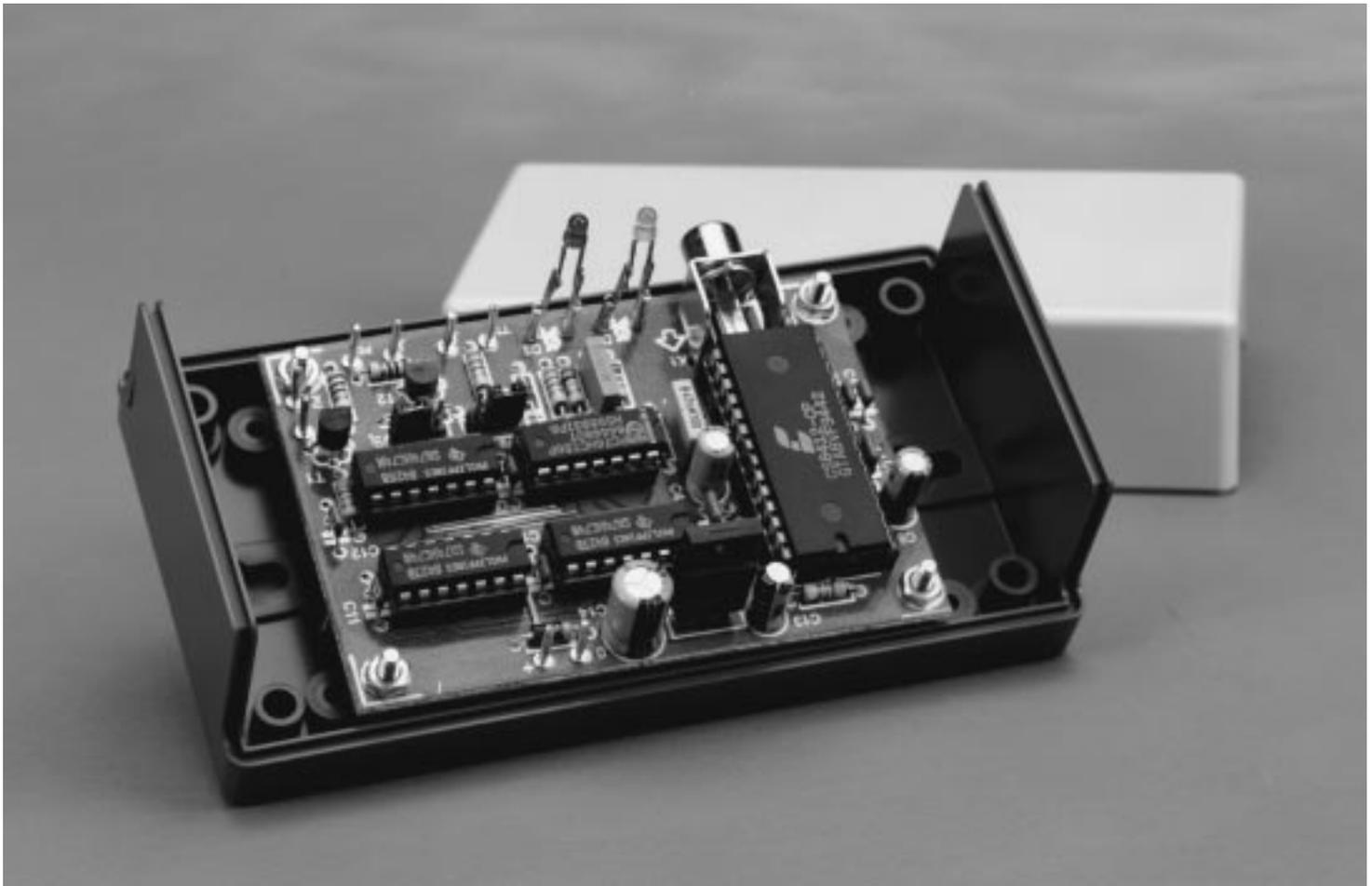


Bild 5. So sieht die fertige Schaltung aus. Wegen der geringen Stromaufnahme muß IC6 nicht gekühlt werden.

nente Pegelwechsel auf.

Aus diesem Signal eine brauchbare Anzeige zu generieren, ist nicht so einfach möglich. Ziel ist, eine rote LED (D3 für etwa eine Sekunde leuchten zu lassen, wenn drei und mehr aufeinanderfolgende Samples Maximalwerte aufweisen. Die Kombination aus R4 und C8 mittelt hierzu eine Anzahl Signalwechsel von IC5b aus. R5 bestimmt in Zusammenarbeit mit C8 die Nachleuchtzeit der LED. IC2a puffert die Spannung über C8 und treibt die beiden LEDs. Die rote und die grüne LED leuchten exklusiv - eine eindeutige und einfach abzulesende Anzeige ist die Folge.

ZÄHLER-OPTION

Wie schon erwähnt, verfügt die Schaltung als Zugabe über einen Digitalausgang, der den Anschluß eines handelsüblichen Zählermoduls erlaubt. Hiermit kann die Anzahl an Übersteuerungen eines Audio-Tracks zweifelsfrei ermittelt werden. Genaugenommen sind zwei TTL-kompatible Ausgänge vorgesehen: einer in Pull-Up- und einer in Pull-Down-Ausführung. Der Anschluß eines Zählermoduls sollte daher keinerlei Probleme bereiten.

Je nach Stellung von JP1 und JP2 lassen sich außerdem verschiedene

Ereignisse zählen. In der gezeichneten Stellung registriert ein angeschlossener Zähler alle Übersteuerungen genauso, wie sie durch die LEDs signalisiert werden. In der alternativen Stellung hingegen werden einfach alle Maximalwerte gezählt. Die alternative Zählweise ist vielleicht nicht unbedingt ein eindeutiges Maß für die Aufnahmequalität - allein wir wollten Ihrem Tatendrang keine Beschränkung auferlegen.

Durch extrem schnelle Signalwechsel und Laufzeitdifferenzen der ICs kann es vorkommen, daß schmale Spikes im ersten Zählmodus auf den TTL-Ausgängen zu finden sind, auf die (selten) schnelle Zähler reagieren können. In diesem Fall schalten Sie einfach einen 1-µF-Kondensator parallel zum Zähler Eingang.

AUFBAU

Um den Nachbau der Übersteuerungsanzeige so einfach wie möglich zu machen, wurde eine Platine (Bild 4) entworfen.

Besonderheiten beim Aufbau gibt es keine zu beachten. Lediglich die üblichen Regeln gelten: IC-Fassungen können von Vorteil sein und die ICs sollten richtig herum in die Fassung. Für die

Lebensdauer der Elkos ist es wichtig, sie richtig gepolt einzusetzen. Aufmerksamkeit verdient D1:

Wegen des Leckstroms darf keine schlechtere als die angegebene Schottky-Diode eingesetzt werden.

Da die Schaltung über einen 5-V-Spannungsregler versorgt wird, tut es jedes Steckernetzteil mit einer Ausgangsspannung im Bereich 8...25 V. Der Strombedarf ist mit etwa 25 mA recht gering. Als mobiles Meßgerät dürfte eine 9-V-Batterie nicht allzulange halten (einige Stunden). Besser sind hier sechs Mignonzellen (für die Überprüfung von etwa 20 bis 50 CDs geeignet). Möchte man NiCd-Akkus verwenden, sollte man wegen deren geringerer Spannung einen Low-Drop-Spannungsregler für IC 6 verwenden.

Dank der geringen Abmessungen der Platine läßt sich ein kleines handliches Prüfgerät konstruieren, das man auch zum CD-Kauf mitnehmen kann (wenn man die Verkäufer zum Anschluß überreden kann). Als Gehäuse ist die Ausführung E430 vom Bopla besonders geeignet.

(980072)