



HF-Dämpfungsglied SA 7000

Teil 2

Die einfache und präzise Einstellung eines Dämpfungswertes im Bereich von 0 dB bis 63 dB ist ein wesentliches Merkmal des ELV SA 7000. Das große Einsatzgebiet beruht weiterhin auf der kleinen Schrittweite von 1 dB und dem weiten Frequenzbereich. Dieser abschließende Teil des Artikels beschreibt den Nachbau und die Bedienung des HF-Dämpfungsgliedes.

Allgemeines

Mit dem HF-Dämpfungsglied lassen sich HF-Signale um einen definierten Wert abschwächen. Vor allem in der HF-Meßtechnik wird eine solche präzise Einstellung eines Signalpegels oft benötigt. Mit den hier realisierten Werten von 0 dB bis 63 dB lassen sich nahezu alle praktischen Anwendungsfälle abdecken. Die guten technischen Daten in nebenstehender Tabelle zeigen die wesentlichen Leistungsmerkmale dieses Gerätes. Hierfür ist nicht nur die bereits vorgestellte Schaltungsdimensionierung verantwortlich, sondern auch dem Nachbau kommt eine wesentliche Bedeutung zu.

Wie bei jeder HF-Schaltung erfolgt auch hier die Verschmelzung zwischen Schaltung und Layout. Alle zum Signalweg gehörenden Komponenten und die Arbeitsschritte zur Montage dieser Bauteile beeinflussen auch die Funktion. So lassen sich

die technische Daten durch einen nicht sachgemäßen Aufbau beliebig verschlechtern. Beispielsweise sind hier die Leiterbahnen nicht als reine Verbindungsleitung zu sehen, sondern sie stellen als Streifenleitung ein Bauteil der Hochfrequenztechnik dar. Daher ist beim im folgenden beschriebenen Nachbau besonders sorgfältig vorzugehen.

Nachbau

Die Schaltung des SA 7000 ist auf zwei Platinen aufgeteilt. Alle HF-Komponenten befinden sich auf der Basisplatine, während sich die Steuerung inkl. der Bedienelemente auf der Frontplatine befindet. Die Bestückung erfolgt dabei in gewohnter Weise anhand des Bestückungsdruckes und der Stückliste.

Im ersten Arbeitsschritt wird die 92 x 64 mm messende Frontplatine aufgebaut. Dazu sind zunächst die Drahtbrücken anzufertigen und anschließend an den zuge-

hörigen Positionen einzubauen. Fortgefahren wird dann mit dem Einlöten der Widerstände und Kondensatoren, gefolgt vom

Technische Daten: SA 7000

Dämpfungsbereich:	... 0 dB bis 63 dB
Einstellschritte: 1 dB
Genauigkeit	
- bis 500 MHz: $< \pm 0,4$ dB
- bis 1 GHz: $\leq \pm 1$ dB
Frequenzbereich: DC - 1 GHz
Einfügungsdämpfung @ 0 dB	
- bis 500 MHz: ≤ 2 dB
- bis 1 GHz: ≤ 4 dB
Systemwellenwiderstand: 50 Ω
max. Eingangsleistung:	
	25 dBm (316 mW)
Anschlüsse: BNC-Buchsen
Spannungsversorgung:	
	230 V / 50 Hz / 25 mA
Gewicht: 1,2 kg
Abmessungen	
(BxHxT): 272 x 92 x 150 mm

Einbau der beiden 7-Segment-Anzeigen. Im folgenden sind dann die Transistoren zu bestücken, wobei darauf zu achten ist, daß die Transistorgehäuse nicht über die Höhe der 7-Segment-Anzeigen hinausragen.

Nach dem Einbau des Keramikschwingers sind die ICs zu bestücken, wobei die korrekte Einbaulage sicherzustellen ist. Als Orientierungshilfe dienen die Gehäusekerben an den ICs, die genau mit den Symbolen im Bestückungsdruck übereinstimmen müssen. Zum Abschluß der Bestückungsarbeiten an der Frontplatte werden die Tasten eingelötet, auf denen die zugehörigen Knöpfe gleich aufgesteckt werden sollten. Damit sind die Bestückungsarbeiten an der Frontplatte bereits abgeschlossen, und es folgt der Aufbau der Basisplatte.

Die 246 x 133 mm messende doppelseitige Basisplatte trägt den gesamten Signalweg, wobei alle Bauteile auf der Bestückungsseite montiert werden. Da das Dämpfungsglied für Signale bis in den GHz-Bereich ausgelegt ist, ist bei der Bestückung sorgfältig vorzugehen. Im ersten Schritt der Bestückungsarbeiten sind die SMD-Kondensatoren einzubauen. Da diese Bauteile nur durch explizites Ausmessen identifiziert werden können, ist bei der Bestückung besonders sorgsam vorzugehen. Beim Einbau der Komponenten ist noch zu beachten, daß die Durchkontaktierungen, die keine Bauteile aufnehmen, nicht mit Lötzinn volllaufen. Als dann werden die SMD-Widerstände eingesetzt.

Sind die SMD-Komponenten eingebaut, so wird mit dem Einsetzen der konventionellen Bauteile fortgefahren. Beim Einbau der Dioden und Z-Dioden ist die korrekte Polarität unbedingt sicherzustellen. Dabei gibt der Katodenring, der mit dem Symbol im Bestückungsdruck übereinstimmen muß, eine Orientierungshilfe. Nach dem Einsetzen der Kondensatoren können die Transistoren unter Beachtung der Einbaulage eingebaut werden.

Zur besseren mechanischen Befestigung wird der Spannungsregler in liegender Position auf der Platine montiert. Zur Montage müssen zunächst die Anschlußbeine des Bauteils in 3,5 mm Abstand zum Gehäusekörper um 90° nach hinten abgewinkelt werden, bevor der Spannungsregler auf die von der Lötseite durchzusteckende M3x8mm-Schraube gesetzt wird. Mittels zugehöriger Mutter und unterlegter Fächerscheibe erfolgt die anschließende Fixierung, und mit dem Anlöten der Anschlußbeine wird die elektrische Verbindung hergestellt. Als dann ist der Treiberbaustein IC 2 zur Ansteuerung der Relais auf der Basisplatte zu bestücken. Auch hier ist die richtige Polung sicherzustellen, die sich durch den Bestückungsdruck ergibt.

Einen wesentlichen Einfluß auf die technischen Daten haben die HF-Relais, die daher sorgfältig zu positionieren und anschließend genauso sorgfältig anzulöten sind. Vor dem folgenden Einbau der netzspannungsführenden Bauteile ist folgender Sicherheitshinweis unbedingt zu beachten:

Achtung! Aufgrund der im Gerät freigeleiteten Netzspannung dürfen Aufbau und Inbetriebnahme ausschließlich von Fachkräften durchgeführt werden, die aufgrund ihrer Ausbildung dazu befugt sind. Die einschlägigen Sicherheits- und VDE-Bestimmungen sind unbedingt zu beachten. Insbesondere ist es bei der Inbetriebnahme zwingend erforderlich, zur sicheren galvanischen Trennung einen entsprechen-

den Netz-Trenntransformator vorzuschalten.

Im nächsten Arbeitsschritt werden die mechanischen Teile eingebaut. Hier sind der Sicherungshalter, der Netzschalter und die Netzschraubklemmleiste einzulöten, wobei in den Sicherungshalter sogleich die Feinsicherung einzusetzen und mit dem Aufsetzen des Abdeckhaube berührungssicher zu machen ist. Zur Vorbereitung der Zugentlastung für die Netzzuleitung werden zwei Schrauben M3 x 12 mm von der Lötseite durch die entsprechenden Bohrungen gesteckt. Auf der Bestückungsseite ist dann die Zugentlastungsschelle mit Hilfe zweier zugehöriger M3-Muttern und unterlegten Fächerscheiben zunächst nur locker zu verschrauben.

Stückliste: SA 7000

Widerstände:

8,2Ω/SMD	R3
10Ω	R57, R62
10Ω/SMD	R4
18Ω/SMD	R9
27Ω/SMD	R10
39Ω/SMD	R16
47Ω/SMD	R15
68Ω/SMD	R35, R36
100Ω/SMD	R21, R22, R25, R30, R31, R39
180Ω	R63-R69
220Ω/SMD	R19, R23, R26, R29, R32, R40
270Ω/SMD	R20, R24, R27, R34, R38
330Ω/SMD	R28, R33, R37
470Ω/SMD	R13, R14, R17, R18
820Ω/SMD	R7, R11
1,2kΩ/SMD	R8, R12, R41, R43, R45, R47, R49, R51
1,8kΩ/SMD	R1, R5
2,2kΩ	R58-R61
2,7kΩ/SMD	R2, R6
3,3kΩ/SMD	R42, R44, R46, R48, R50, R52
10kΩ	R53-R56

Kondensatoren:

68pF/ker	C26, C27
10nF/SMD	C8-C25
100nF/ker	C4, C6, C7, C28
100nF/X2/250V~	C1
10µF/25V	C5
47µF/16V	C3
2200µF/16V	C2

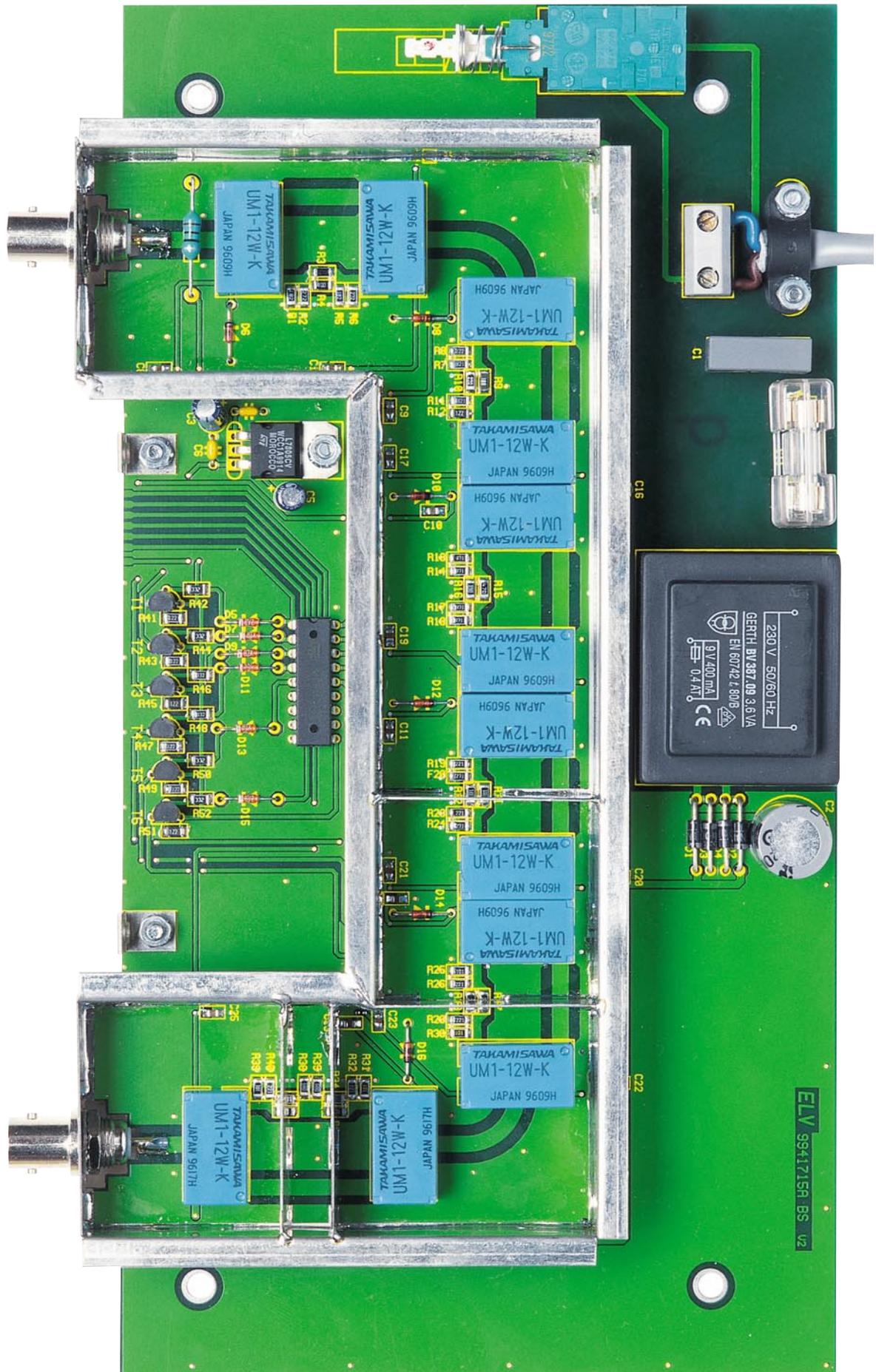
Halbleiter:

7805	IC1
ULN2803	IC2
CD4094	IC3
ELV99112	IC4
BC558	T1-T6
BC548	T7, T8

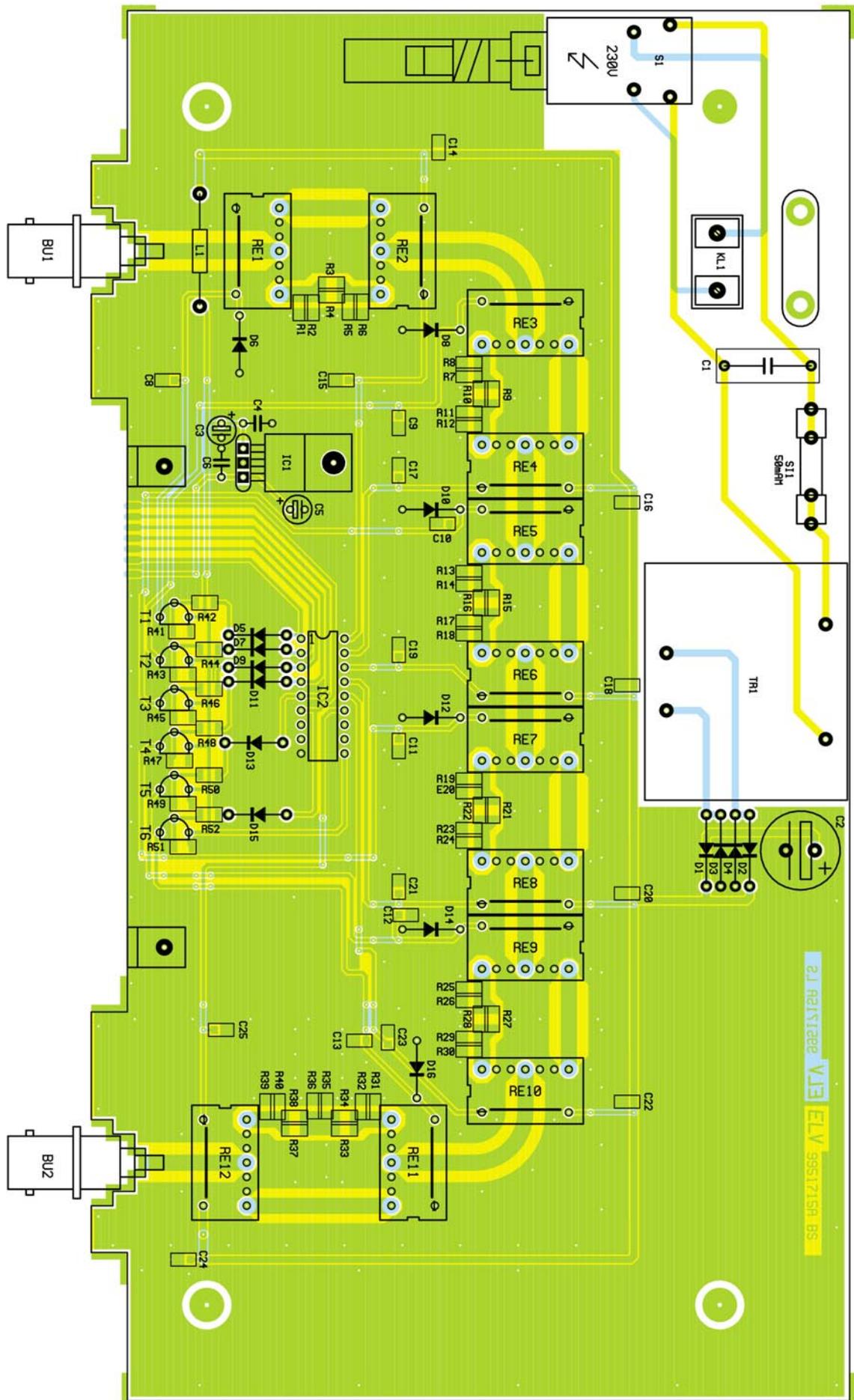
1N4001	D1-D4
ZPD8,2V/0,5W	D5, D7, D9, D11, D13, D15
1N4148	D6, D8, D10, D12, D14, D16
DJ700A, grün	DI1, DI2

Sonstiges:

Keramikschwinger, 455 kHz	Q1
Festinduktivität, 10 µH	L1
HF-Relais, UM1, 1 x um	RE1-RE12
Mini-Drucktaster, B3F-4050	TA1-TA4
BNC-Einbaubuchse, 50 Ω	BU1, BU2
Netzschraubklemme, 2polig	KL1
Trafo, 1 x 9V/400mA	TR1
Sicherungen, 50 mA, flink	SI1
Shadow-Netzschalter	S1
1 Adapterstück für Netzschalter	
1 Verlängerungsachse für Netzschalter	
1 Druckknopf für Netzschalter, ø 7,2 mm	
1 Platinsicherungshalter (2teilig)	
1 Sicherungsabdeckhaube	
4 Tastknöpfe, ø 7,4 x 10 mm, grau	
4 Zylinderkopfschrauben, M3 x 6 mm	
1 Zylinderkopfschraube, M3 x 8 mm	
2 Zylinderkopfschrauben, M3 x 12 mm	
5 Muttern, M3	
7 Fächerscheiben, M3	
2 Befestigungswinkel, vernickelt	
1 Abschirmblech, komplett	
1 Netzkabel, 2adrig, grau	
1 Netzkabel-Knickschutzülle, grau	
1 Zugentlastungsbügel	
2 Aderendhülsen, 0,75 mm ²	
25 cm Schaltdraht, blank, versilbert	
57 cm Kantenprofil, 5mm	
4 Distanzrollen, M4 x 50 mm	
4 Distanzrollen M4 x 10 mm	
4 Polyamidscheiben, 1,5 mm	

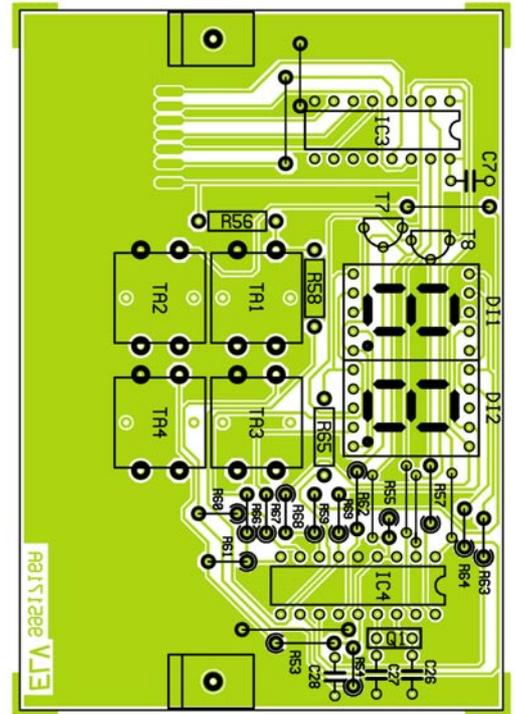
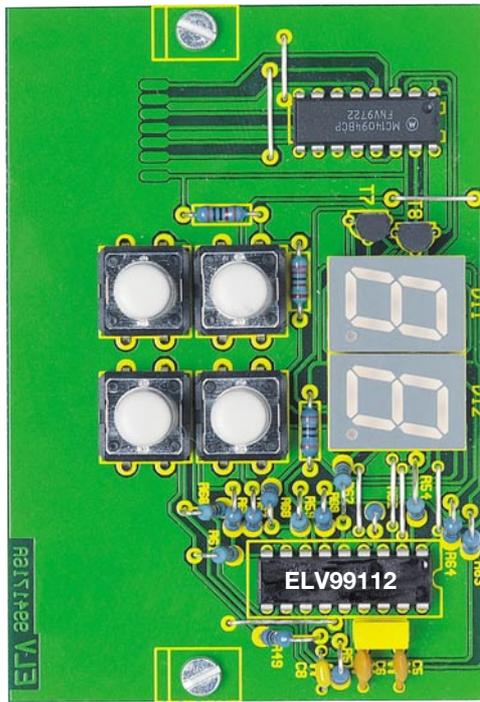


Ansicht der fertig bestückten Basisplatte des SA 7000



Bestückungsplan der Basisplatine des SA 7000

Ansicht der fertig bestückten Frontplatine mit zugehörigem Bestückungsplan



Bevor nun der Aufbau des Abschirmgehäuses erfolgt, sollten die Platinen auf Bestückungsfehler, Lötzinnbrücken und kalte Lötstellen hin untersucht werden, da diese Kontrolle mit den montierten Blechen nur unter erschwerten Bedingungen möglich ist. Den Aufbau des Abschirmgehäuses beginnen wir mit dem Einbau der BNC-Buchsen in die vorderen Abschirmbleche. Diese Teile des Abschirmgehäuses sind dann mit den eingebauten Buchsen so an die Platine zu setzen, daß die „heißen Anschlüsse“ (Mittenkontakte) der BNC-Buchsen plan auf den entsprechenden Pads auf der Basisplatine aufliegen. Durch zwei Punktlötungen wird das Abschirmblech fixiert. Hierbei ist besondere Sorgfalt gefordert, da die BNC-Buchsen später durch die Bohrungen in der Frontplatte passen müssen. Danach sind die übrigen Teile des Abschirmgehäuses aufzulöten, wobei zuerst die äußeren Seitenteile aufgebaut werden müssen. Die Innenwände des Gehäuses sind so zu positionieren, daß sich die Aussparungen in den Blechteilen genau oberhalb der entsprechenden 50Ω-Leiterbahnen befinden, bevor sie durch kleine Punktlötungen provisorisch befestigt werden.

Erst wenn alle Teile soweit aufgebaut sind und die korrekte Positionierung nochmals geprüft ist, werden alle Abschirmbleche unter Zugabe von reichlich Lötzinn zuerst auf der Basisplatine festgelötet und anschließend an den Stoßkanten miteinander verlötet. Dabei muß darauf geachtet werden, daß keine Lötzinnbrücken zu den zum Teil sehr dicht an der Abschirmung liegenden Bauteilen oder Leiterbahnen entstehen.

Vor dem Einbau der Montagewinkel zur Frontplattenbefestigung, wird im letzten Schritt der Bestückung der Transformator eingesetzt. Die Montage der Winkel erfolgt dann mit je einer Zylinderkopfschraube M3 x 6 mm, die durch die zugehörigen Bohrungen an der vorderen Platinenkante zu stecken ist. Auf der Oberseite folgen dann der Winkel, eine Fächerscheibe und die passende M3-Mutter in angegebener Reihenfolge. Vor dem Festschrauben sind die Winkel so auszurichten, daß der freie Schenkel bündig mit der Platinenkante abschließt.

Nachdem beide Leiterplatten fertig bestückt sind, erfolgt die Verbindung der Platinen miteinander. Die Frontplatine wird dazu an die angeschraubten Winkel der Basisplatine gesetzt und mit M3x6mm-Schrauben und unterlegten Fächerscheiben angeschraubt. Bevor die Schrauben festgezogen werden, muß die Ausrichtung erfolgen, d. h. eine exakte Fluchtung der zusammengehörenden Leiterbahnen der Front- und Basisplatine muß erreicht werden, und an der Stoßkante zwischen Basis- und Frontplatine darf kein erkennbarer Spalt entstehen. Anschließend sind sämtliche Leiterbahnpaare und die Masseflächen unter Zugabe von reichlich Lötzinn miteinander zu verbinden. Nachdem das SA 7000 soweit aufgebaut ist, erfolgt der Einbau ins Gehäuse.

Gehäuseeinbau, Inbetriebnahme und Bedienung

Zur Vorbereitung des Gehäuseeinbaus ist zunächst die Netzleitung anzuschließen. Dazu muß diese auf einer Länge von

20 mm abisoliert werden. Die Leiterenden sind auf 5 mm abzuisolieren und jeweils mit einer Aderendhülse zu versehen. Das so vorbereitete Kabelende ist von außen durch die in die Rückwand eingesetzte Kabeldurchführung mit Knickschutztülle und unter den auf der Platine befindlichen Zugentlastungsbügel zu führen. Dabei werden die einzelnen Adern der Leitung in die zugehörigen Klemmen der Schraubklemmleiste KL 1 eingeführt und festgeschraubt. Das Netzkabel ist dann unter den Bügel der Zugentlastung zu schieben und durch Festziehen des Zugentlastungsbügels zu fixieren.

Nach diesen vorbereitenden Maßnahmen kann der Einbau des Chassis ins Gehäuse erfolgen. Dazu werden die 4 Gehäusebefestigungsschrauben M4 x 70 mm von unten durch eine Gehäusehalbschale gesteckt, und die so vorbereitete Bodeneinheit ist mit dem Lüftungsgitter nach vorne weisend auf die Arbeitsplatte zu stellen. Um den geforderten Abstand zwischen Platine und Gehäusehalbschale herzustellen, folgt auf der Innenseite auf jede Schraube eine 10 mm starke Distanzrolle. Nun ist das komplette Chassis des HF-Dämpfungs-gliedes, einschließlich der aufzusetzenden Frontplatte und der Rückwand, von oben über die Schrauben abzusenken. Liegen Front- und Rückplatte korrekt in ihren Führungsnuten, folgt auf die oben herausstehenden Schrauben je eine M4x50mm-Abstandsrolle und eine 1,5mm-Polyamid-scheibe.

Bevor das Gehäuse geschlossen wird, sollte die erste Inbetriebnahme erfolgen. Nach dem Einschalten des Gerätes zeigt zunächst ein Segmenttest die ordnungsge-

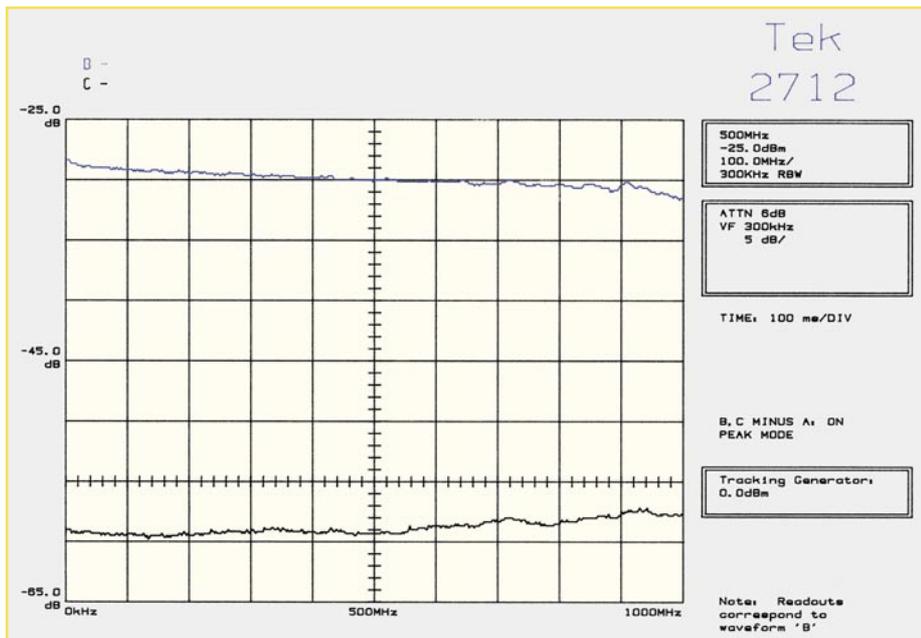


Bild 3: Typischer Dämpfungsverlauf bei 30dB- und 60dB-Dämpfung

mäße Funktion der Anzeige. Schon während dieses Tests ist die maximal mögliche Dämpfung von 63 dB eingestellt, die nach Beendigung des Segmenttests auch angezeigt wird. Mit den Tasten direkt unterhalb der Anzeige kann anschließend der Dämpfungswert verändert werden, das Klicken der Relais gibt dabei eine erste „Funktionskontrolle“. Anschließend sollten die Betriebsspannungen geprüft werden. Dabei ist die +5 V-Spannung ($\pm 0,2$ V) am Ausgang des Reglers IC 1 und die +12 V (± 1 V) an dessen Eingang zu kontrollieren. Nach diesem Kurztest erfolgt dann die Gehäuseendmontage.

Im ersten Schritt ist dabei das Abschirmgehäuse mit dem Aufsetzen der Deckel zu schließen. Die Kantenprofile, die zuvor auf die entsprechende Länge zu kürzen sind, fixieren dabei den Deckel. Die Schub-

stange des Netzschalters wird auf 60 mm gekürzt und mit einem Kunststoff-Druckknopf sowie einem Adapterstück versehen. Diese vorgefertigte Einheit rastet dann auf dem Netzschalter ein. Die Verbindungen zwischen Netzschalter, Adapterstück, Schubstange und Druckknopf sind jeweils mit Sekundenkleber zu sichern.

Somit kann das Gehäuse des HF-Dämpfungsgliedes SA 7000 geschlossen werden. Dazu ist die obere Gehäusehalbschale mit dem Lüftungsgitter nach hintenweisend aufzusetzen, und in jedem der oberen Montage sockets wird eine M4-Mutter eingelegt. Mit Hilfe eines kleinen Schraubendrehers müssen die Gehäuseschrauben nacheinander ausgerichtet werden, bevor sie festgezogen werden können. Die in die oberen Montageöffnungen einzusteckenden Abdeckmodule verschieben dann die-

se Öffnungen. Auf der Gehäuseunterseite sorgen die Fußmodule mit den zuvor eingesteckten Gummifüßen für den sicheren Stand des SA 7000. Mit dem Festziehen der Knickschutztüle in der Rückwand wird der Aufbau des HF-Dämpfungsgliedes abgeschlossen, und es folgt die endgültige Funktionskontrolle mit der Beschreibung der Bedienung.

Nach der Endmontage kann der Endtest am Gerät erfolgen. Nach dem Einschalten und dem Segmenttest sollte die korrekte Funktion getestet werden. Dazu ist es erforderlich, die Dämpfungseigenschaften zu messen. Dies kann mit einem HF-Netzwerk-Analyzer erfolgen oder aber mit Spektrum-Analyzer und Tracking-Generator.

Hiermit läßt sich dann der Dämpfungsverlauf über der Frequenz aufzeichnen. Dabei muß sich ein ähnlicher Verlauf einstellen, wie er in Abbildung 3 dargestellt ist. Hier sind die Dämpfungen 30 dB und 60 dB dargestellt, wobei die Auflösung der Darstellung von 5 dB / Div zu beachten ist.

Stehen die oben aufgeführten Geräte nicht zur Verfügung, kann die Überprüfung der korrekten Dämpfungswerte auch mit einem Oszilloskop und einem NF-Generator erfolgen. Dabei sollte aber beachtet werden, daß eine korrekte Lastimpedanz (50Ω) am Ausgang angeschlossen ist. Das folgende logarithmische Verhältnis zwischen Eingangsspannung (U_1) und Ausgangsspannung (U_2) ergibt den Dämpfungswert:

$$a = 20 \text{ dB} \cdot \lg \left(\frac{U_1}{U_2} \right) \quad (\text{Gl. 4})$$

Nach dem Einschalten befindet sich das Dämpfungsglied in der Stellung „maximale Dämpfung“. Soll der Wert verändert werden, so geschieht dies über die direkt unterhalb der 7-Segment-Anzeigen angeordneten Tasten. Mit diesen „Up“- und „Down“-Tasten wird die direkt oberhalb der Taste befindliche Stelle der Dämpfungsanzeige beeinflusst.

So bewirkt die Betätigung der Tasten unter der 10er-Stelle die Veränderung der Dämpfung um 10 dB. Mit „Up“ erhöht sich die Dämpfung, während mit dem Betätigen der „Down“-Taste die Signalabschwächung um 10 dB kleiner wird. Gleiches gilt entsprechend für die 1er-Stelle. Bei längerer Betätigung der Tasten wird ein Repeater aktiviert, der dann dafür sorgt, daß sich die Dämpfung stetig um den gewählten Schritt verändert.

Das somit fertiggestellte HF-Dämpfungsglied SA 7000 kann im gesamten Bereich der Hochfrequenztechnik vielseitig eingesetzt werden. Dabei zeichnen die hervorragenden technischen Daten und das gute Preis-/Leistungsverhältnis dieses Gerät besonders aus.

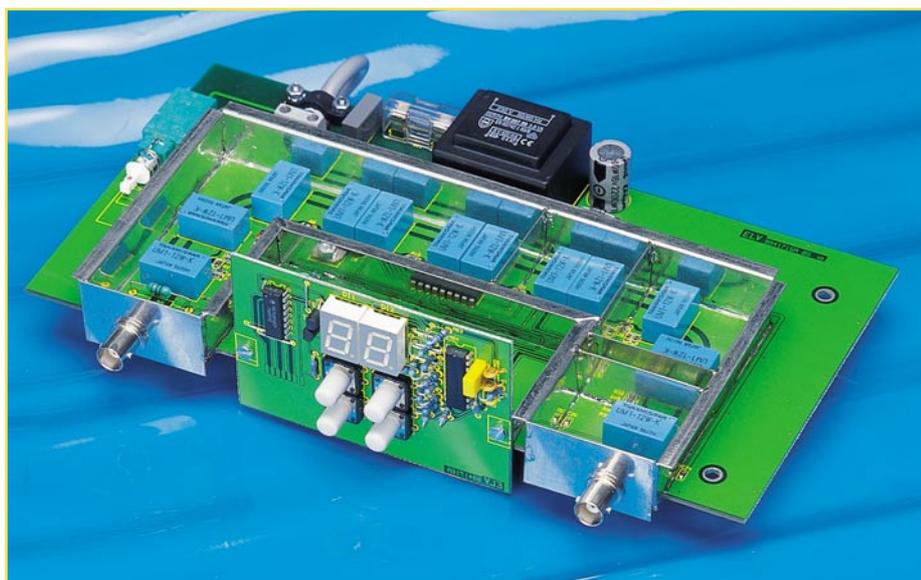


Bild 4: Innenansicht des SA 7000