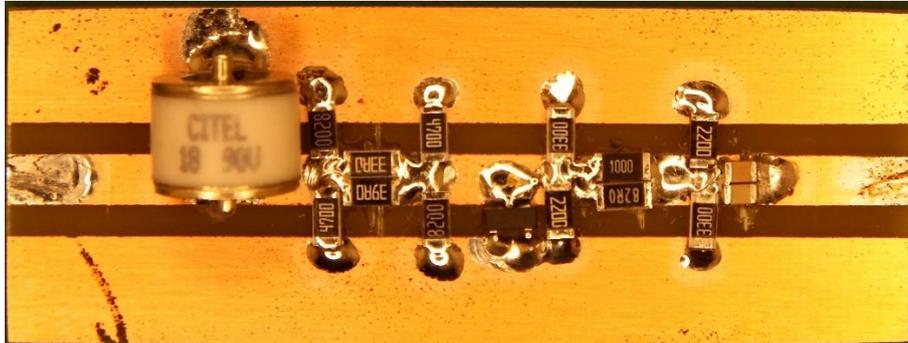


NanoVNA u. Co Eingangsschutz [#68]

Wilhelm, DL6DCA, 20.11.2024



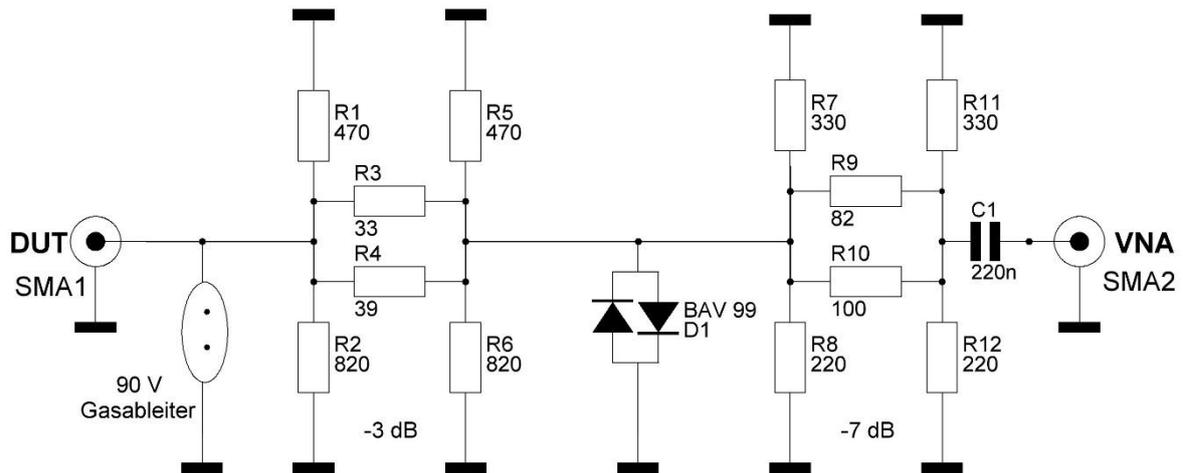
Aufmacherbild: Eingangsschutzschaltung für einen VNA

Teil von vielen Amateurfunkstationen ist mittlerweile ein NanoVNA mit dem sich u.a. auch Selbstbauantennen sinnvoll messen und optimieren lassen. Im Internet findet man in entsprechenden Foren immer wieder Fälle, wo aufgrund statischer Aufladungen und entsprechender Spannungen oder durch eine Überlastung des Eingangs durch zu hohe Pegel diese doch so praktischen Messgeräte Schaden genommen haben. Hier soll die Möglichkeit einer Schutzschaltung beschrieben werden.

Insbesondere bei Langdrahtantennen kommt es sehr schnell zu statischen Aufladungen, wenn keine entsprechende Maßnahmen getroffen wurden. Koaxialkabel verhalten sich wie Kondensatoren. Je nach Kabeltyp sind das ca. 100 pF je m und so erreicht man schon bei 25 m Kabellänge eine Kapazität von 2500 pF. Bei aufziehenden Gewittern oder entsprechenden Wetterlagen kann ein solcher Kondensator auf eine Spannung im kV Bereich aufgeladen werden. Ich kann mich noch gut an eine Clubstation auf einem 40 m hohem Gebäude erinnern, bei der sich die Entladungen an PL-Steckern durch sichtbare Funken bemerkbar machte, obwohl die Gewitterzone noch nicht sicht- oder hörbar war. Wenn nun eine solche Spannung beim kontaktieren des VNA in dessen Eingangsstufe gelangt und sich die im Koaxialkabel gespeicherte Ladung über den VNA entlädt, ist der Schaden vorprogrammiert. Eingangsstufen dieser Messgeräte in SMD Bestückung zu reparieren ist nicht jedermanns Sache und oftmals gestaltet sich die Ersatzteilbeschaffung schwierig.

Eine weitere Gefahr besteht durch HF-mäßige Überbelastung des Eingangs. Mein derzeitig in Gebrauch befindlicher LiteVNA 64 hat einen Warnhinweis auf dem Gehäuse, wonach 10 V/DC und +10dBm HF an den beiden Ports nicht überschritten werden dürfen. Bei Fielddays und Funkertagen probiert man ja gerne einmal seine selbstgebaute KW-Antenne aus. Da sind dann oft auf relativ kleiner Fläche Vertikalstrahler und Langdrahtantennen nebeneinander aufgebaut und es passiert, dass an einer Antenne mittels VNA gemessen und optimiert wird, während an einer weiteren Antenne bereits munter Stationsbetrieb mit 100 W und mehr gemacht wird. Durch die Nähe der Antennen kann es dann durchaus vorkommen, dass der maximal zulässige Eingangspegel von +10 dBm = 10 mW überschritten wird und dadurch die Eingangsstufe des VNA zerstört wird.

In der Vergangenheit wurde von alten AFU-Begeisterten immer wieder empfohlen mit zwei gegenpolig angeordneten Standarddioden, z.B. 1N4148, die Eingänge von Empfängern zu sichern. Dies war mit Sicherheit effektiv, aber macht es Sinn an einem Messgerät? Bei der Suche nach einer Lösung bin ich auf einen Youtube Beitrag von Joe Smith [1] gestoßen, in dem er einen entsprechenden Vorschlag unterbreitet. Diesen habe ich aufgegriffen und eine verfeinerte Schaltung aufgebaut, die vor den Eingang des S11 Port des VNA platziert wird.



VNA input protection DL6DCA 11/24

Bild 1: Schaltbild der Eingangsschutzschaltung

Der Aufbau besteht aus einem Grobschutz im Eingang mittels eines kapazitätsarmen Gasentladungsableiters. Dieser reagiert auf Spannungen höher 90 V durch eine Gasentladung und klemmt die Restspannung auf einen niedrigen Wert (ca. 10-20 V). Der Gasentladungsableiter reagiert langsamer als Supressordioden, verträgt aber einen sehr hohen Ableitstrom von mehreren kA für sehr kurze Zeit (μsec). Danach folgt ein 3 dB Dämpfungsglied. Dieses Dämpfungsglied verbessert die Eingangsanpassung der Gesamtschaltung am DUT-Eingang und reduziert die Restspannung am Gasentladungsableiter. Die darauf folgenden gegenpolig geschalteten Dioden klemmen die Restspannung unter 1,25 V bevor das darauf folgende 7 dB Dämpfungsglied und der danach angeordnete Kondensator dafür sorgen, dass schädliche Spannungen vom VNA Eingang ferngehalten werden. Somit ist ein gestaffelter Gleichspannungsschutz gegeben. Der Aufbau erfolgte mit SMD Widerständen 1206. Bei dem Diodenpaar handelt es sich um die BAV99, in welcher zwei Dioden in einem SMD-Gehäuse untergebracht sind. Als Platine nutze ich eine doppelseitig beschichtete FR4 Platine, auf der eine Microstripleitung mit einer Impedanz von 50Ω geätzt ist.

Wie sieht es denn nun mit der HF aus? Die im Normalfall überkoppelte Leistung von zwei benachbarten KW-Antennen dürfte in den meisten Fällen unter 1 Watt liegen. Das entspricht einem Pegel von $+30 \text{ dBm} / 7,07 \text{ V}_{\text{eff}}$ am Eingang der Schutzschaltung. Ohne Beachtung der folgenden Dioden würde das 3 dB Dämpfungsglied den Pegel auf $+27 \text{ dBm} = \sim 5 \text{ V}_{\text{eff}}$ reduzieren. Die folgenden antiparallel geschalteten Dioden werden durch diese Spannung durchlässig und dadurch niederohmig. Sie stellen einen Parallelwiderstand zu den Widerständen R5 und R6 des Dämpfungsgliedes dar. Das hat zur Folge, dass die Impedanz deutlich niedriger und

die Dämpfung erhöht wird. Die Dioden reduzieren die Spannung auf 0,7 V bis ~1,25 V. Wieso 1,25 V wird jetzt die Frage aufkommen. Bei einem höheren Strom erhöht sich I_t . Datenblatt [2] die Vorwärtsspannung V_{eff} . Diese Spannung steht als HF an und entspricht jetzt einem Pegel von etwas über +13 dBm.

Die praktische Messung hat ergeben, dass am Ausgang zum VNA ein Pegel von ca. +6 dBm ansteht, der unterhalb der zulässigen +10 dBm Eingangsleistung des VNA liegt. Der Kondensator C1 hält Gleichspannung vom VNA ab und wirkt im KW Bereich nur geringfügig dämpfend.

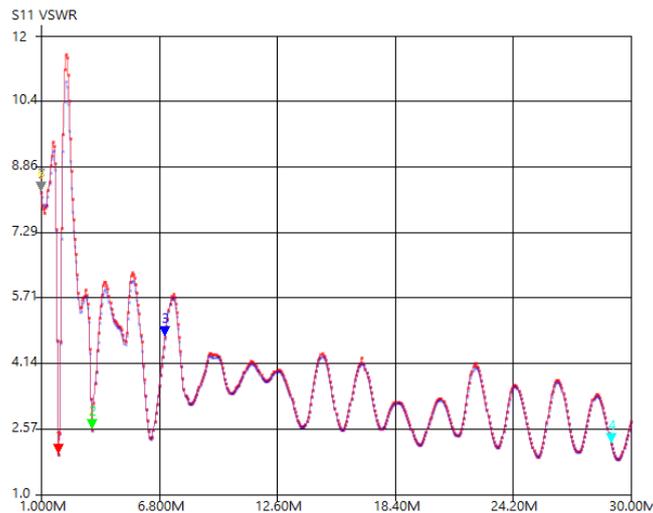


Bild 2: Messung der Anpassung einer defekten Kurzwellenantenne

Stellt sich jetzt die Frage, ob nicht die Bauteile der Schutzschaltung durch Einbringen von parasitären Widerstand-/ Kapazitäts- /Induktivitätsanteilen am Eingang des VNA zu Kalibrierproblemen führt. Ich habe es praktisch ausprobiert und als Testobjekt meine defekte, für 160m verlängerte, W3DZZ genommen, die über 30m RG213 zum Shack führt. Dazu habe ich einmal mit kalibriertem VNA die Antenne direkt gemessen und dann mit Schutzschaltung, die in die Kalibrierung mit einbezogen wurde. Wie man auf **Bild 2** sehen kann, liegen die blaue Kurve (Messvorgang ohne Schutzschaltung) und rote Kurve (mit Schutzschaltung) fast genau aufeinander. Die Abweichungen im sonstigen Messprotokoll z.B. hinsichtlich Widerstand und reaktiver Anteile sind ebenfalls sehr gering.

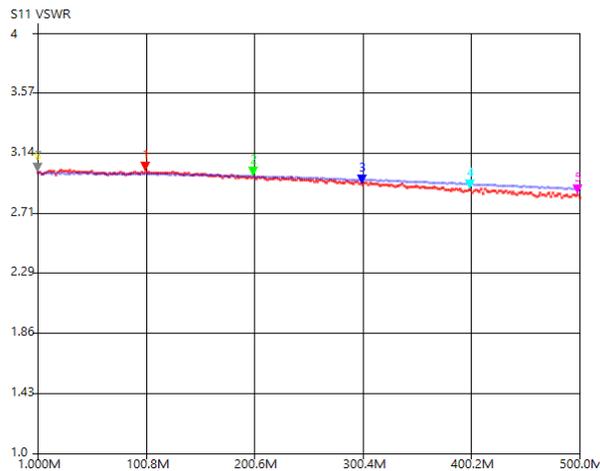


Bild 3: Messung der Anpassung eines offenen 3 dB Dämpfungsglieds = SWR 3

In **Bild 3** sieht man das Messergebnis der Anpassung eines vorgeschalteten 3 dB Dämpfungsglieds ohne Abschluss, was ja bekanntlich ein SWR von 3 ergeben sollte. Auch hier sind die Messkurven wieder in blau VNA ohne und in rot VNA mit Schutzschaltung. Als Ergebnis ist festzuhalten, dass die Schutzschaltung bis zum 70cm Band ausreichende präzise Ergebnisse bringt. Darüber hinaus machen sich die zusätzlichen Kapazitäten, insbesondere der Diode und des Gasentladungsableiters, deutlicher bemerkbar.

Um den Schutz gegen höhere Gleichspannungen zu testen, stand mir leider nur eine feste Spannung von 1 kV zur Verfügung. Ein aufgeladener 55 nF Kondensator wurde mehrfach über die Schaltung entladen, ohne dass es zu Schäden gekommen ist. Die mit einem Oszilloskop am Ausgang der Schutzschaltung beobachteten Spannungsspeaks lagen unter 1 V. Somit ist auch hier das Schutzziel erreicht.



Bild 4: In Gehäuse verbaute Schutzschaltungen

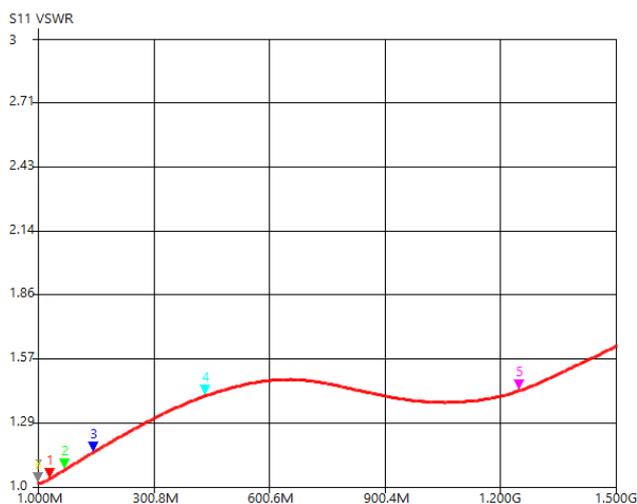
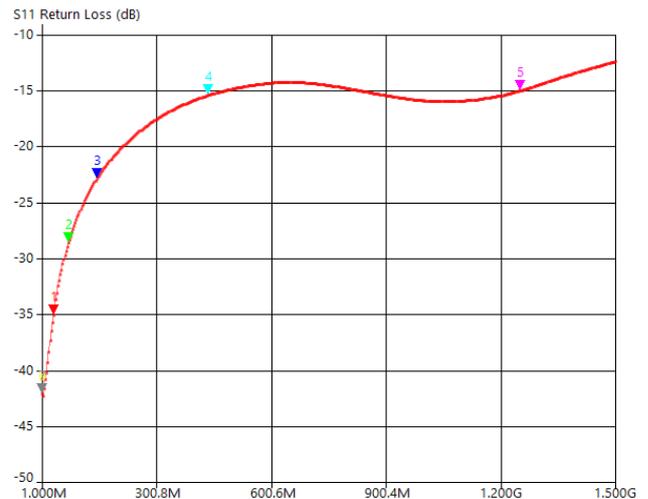
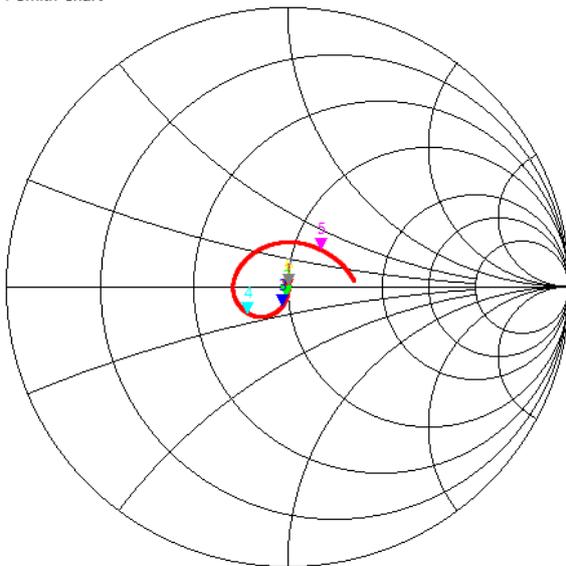
Die Platine habe ich einmal in ein kleines Schubert Weißblechgehäuse mit SMA-Buchse / SMA-Stecker und eine weitere in eine Sucobox mit N-Buchse / N-Stecker eingebaut -**Bild 4**-.

Wie man dem Aufmacherbild entnehmen kann, wurden die Bauteile händisch eingelötet. Beim Nachbau wünsche ich viel Erfolg und einen stets funktionierenden VNA oder auch TinySA, der ebenfalls mit dieser Schaltung geschützt werden kann.

Ich will natürlich nicht die Vermessung der in der Sucobox verbauten Schaltung vorenthalten. Man sieht sehr deutlich, dass die parasitären Komponenten des Gasentladungsableiters und der Dioden einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss haben. Dennoch ist festzuhalten, dass der Schutz mindestens bis 70 MHz einwandfrei einzusetzen und bis über 435 MHz als brauchbar zu bezeichnen ist.

Als erstes die **S11 / S21** Messergebnisse, wo der S11 Port des VNA mit dem DUT-Eingang der Schutzschaltung verbunden ist:

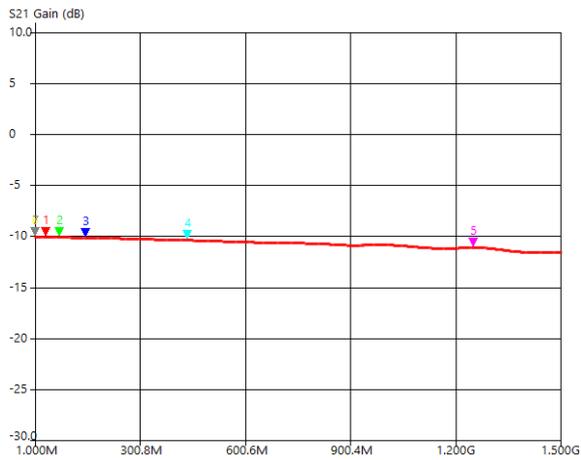
S11 Smith Chart



Marker 1	
Frequency:	30.7421 MHz
Impedance:	50.4-j1.81 Ω
Series R:	50.449 Ω
Series X:	2.8614 nF
Series L:	-9.367 nH
Series C:	2.8614 nF
Parallel R:	50.514 Ω
Parallel L:	-7.2919 μ H
Parallel C:	3.6757 pF
VSWR:	1.038
Return loss:	-34.630 dB
Quality factor:	0.036
S11 Phase:	-75.03°
S21 Gain:	-10.088 dB

Marker 2	
Frequency:	69.4067 MHz
Impedance:	49.8-j3.78 Ω
Series R:	49.813 Ω
Series X:	606.38 pF
Series L:	-8.6715 nH
Series C:	606.38 pF
Parallel R:	50.1 Ω
Parallel L:	-1.5133 μ H
Parallel C:	3.4747 pF
VSWR:	1.079
Return loss:	-28.426 dB
Quality factor:	0.076
S11 Phase:	-90.67°
S21 Gain:	-10.102 dB

Marker 3	
Frequency:	143.762 MHz
Impedance:	47.8-j6.46 Ω
Series R:	47.771 Ω
Series X:	171.41 pF
Series L:	-7.1502 nH
Series C:	171.41 pF
Parallel R:	48.644 Ω
Parallel L:	-398.32 nH
Parallel C:	3.077 pF
VSWR:	1.150
Return loss:	-23.131 dB
Quality factor:	0.135
S11 Phase:	-105.26°
S21 Gain:	-10.181 dB



Marker 4

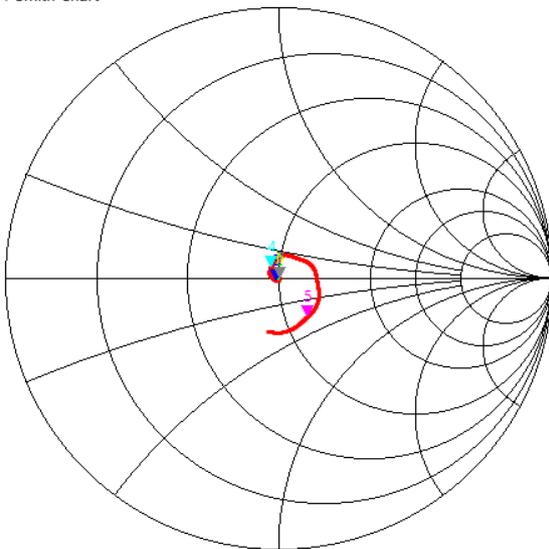
Frequency:	435.234 MHz	Parallel L:	-71.83 nH
Impedance:	37.3-j7.36 Ω	Parallel C:	1.8616 pF
Series R:	37.306 Ω	VSWR:	1.402
Series X:	49.678 pF	Return loss:	-15.521 dB
Series L:	-2.6917 nH	Quality factor:	0.197
Series C:	49.678 pF	S11 Phase:	-145.07°
Parallel R:	38.758 Ω	S21 Gain:	-10.415 dB

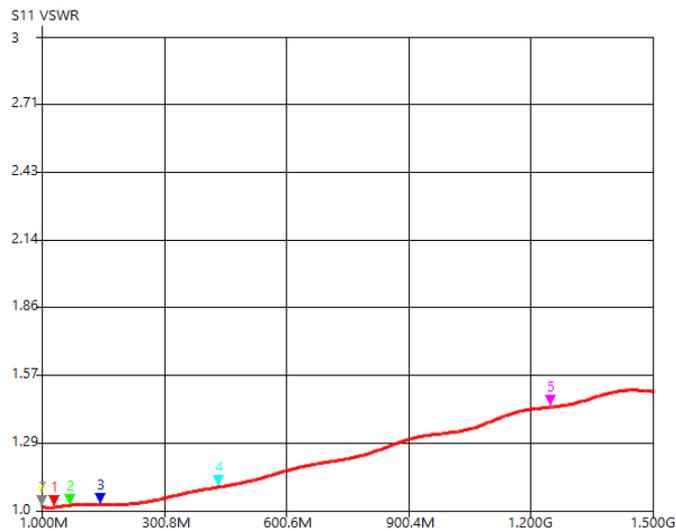
Marker 5

Frequency:	1.25017 GHz	Parallel L:	30.63 nH
Impedance:	60.7+j16.4 Ω	Parallel C:	-529.12 fF
Series R:	60.655 Ω	VSWR:	1.424
Series X:	2.0891 nH	Return loss:	-15.144 dB
Series L:	2.0891 nH	Quality factor:	0.271
Series C:	-7.7578 pF	S11 Phase:	48.57°
Parallel R:	65.095 Ω	S21 Gain:	-11.122 dB

Hier nun die **S22 / S12** Messungen, also vom VNA in den VNA-Eingang der Schutzschaltung:

S11 Smith Chart

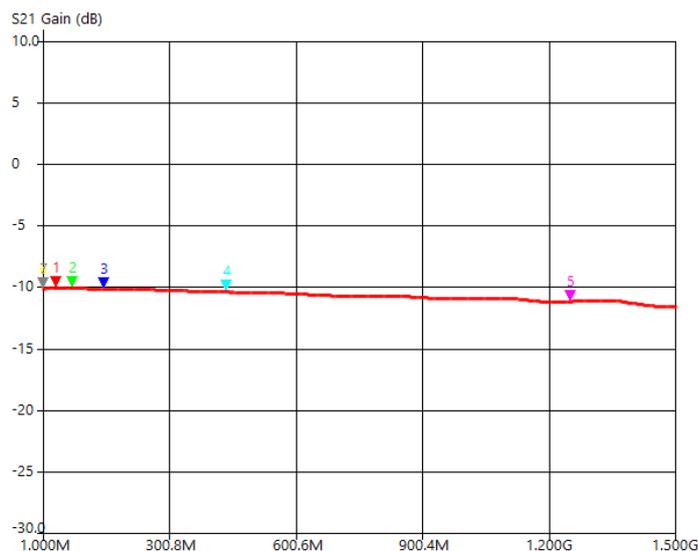




Marker 1	
Frequency:	30.7421 MHz
Impedance:	50.3-j632m Ω
Series R:	50.336 Ω
Series X:	8.186 nF
Series L:	-3.2742 nH
Series C:	8.186 nF
Parallel R:	50.344 Ω
Parallel L:	-20.745 μ H
Parallel C:	1.292 pF
VSWR:	1.014
Return loss:	-42.927 dB
Quality factor:	0.013
S11 Phase:	-61.62°
S21 Gain:	-10.081 dB

Marker 2	
Frequency:	69.4067 MHz
Impedance:	50.1-j1.14 Ω
Series R:	50.058 Ω
Series X:	2.0183 nF
Series L:	-2.6053 nH
Series C:	2.0183 nF
Parallel R:	50.084 Ω
Parallel L:	-5.06 μ H
Parallel C:	1.0392 pF
VSWR:	1.023
Return loss:	-38.885 dB
Quality factor:	0.023
S11 Phase:	-86.42°
S21 Gain:	-10.100 dB

Marker 3	
Frequency:	143.762 MHz
Impedance:	49.3-j1.17 Ω
Series R:	49.331 Ω
Series X:	946.53 pF
Series L:	-1.2948 nH
Series C:	946.53 pF
Parallel R:	49.358 Ω
Parallel L:	-2.3047 μ H
Parallel C:	531.79 fF
VSWR:	1.028
Return loss:	-37.351 dB
Quality factor:	0.024
S11 Phase:	-119.11°
S21 Gain:	-10.167 dB



Marker 4	
Frequency:	435.234 MHz
Impedance:	47.3+j3.8 Ω
Series R:	47.336 Ω
Series X:	1.3883 nH
Series L:	1.3883 nH
Series C:	-96.316 pF
Parallel R:	47.641 Ω
Parallel L:	217.21 nH
Parallel C:	-615.64 fF
VSWR:	1.100
Return loss:	-26.446 dB
Quality factor:	0.08
S11 Phase:	122.82°
S21 Gain:	-10.417 dB

Marker 5	
Frequency:	1.25017 GHz
Impedance:	59.4-j17.5 Ω
Series R:	59.399 Ω
Series X:	7.2615 pF
Series L:	-2.2319 nH
Series C:	7.2615 pF
Parallel R:	64.574 Ω
Parallel L:	-27.853 nH
Parallel C:	581.89 fF
VSWR:	1.438
Return loss:	-14.917 dB
Quality factor:	0.295
S11 Phase:	-52.70°
S21 Gain:	-11.187 dB

Hat wieder Spaß gemacht sich mit dieser Problematik zu beschäftigen. Ganz herzlichen Dank an Matthias, DD1US, der mir beim Verständnis hinsichtlich des Einflusses niederohmigen Dioden bei 50 Ω Dämpfungsglieder geholfen hat.

Als Anhang das Datenblatt der BAV99 Diode.

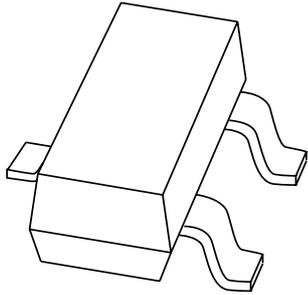
Über Rückfragen, Anmerkungen, Verbesserungsvorschläge würde ich mich freuen. Kontakt bitte per Mail dl6dca@darco.de oder Ortsfrequenz 144,575MHz.

73 de Wilhelm DL6DCA

[1]https://www.youtube.com/watch?v=totwu4lbavE&list=PLZSS2ajxhiQD2qft-durGQoyGpUM_HobNI&index=7

[2] https://cdn-reichert.de/documents/datenblatt/A200/YE603663_E.pdf

DATA SHEET



BAV99

High-speed double diode

Product specification
Supersedes data of 1996 Sep 17

1999 May 11

High-speed double diode

BAV99

FEATURES

- Small plastic SMD package
- High switching speed: max. 4 ns
- Continuous reverse voltage: max. 75 V
- Repetitive peak reverse voltage: max. 85 V
- Repetitive peak forward current: max. 450 mA.

APPLICATIONS

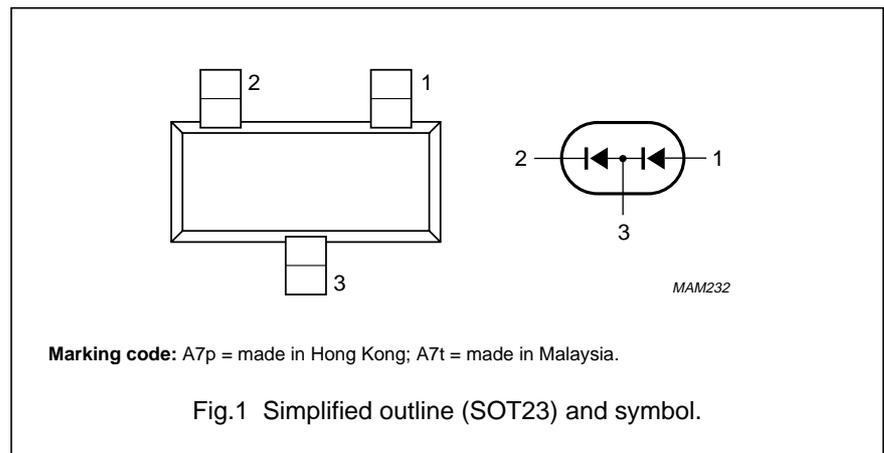
- High-speed switching in thick and thin-film circuits.

DESCRIPTION

The BAV99 consists of two high-speed switching diodes connected in series, fabricated in planar technology, and encapsulated in the small SOT23 plastic SMD package.

PINNING

PIN	DESCRIPTION
1	anode
2	cathode
3	common connection



LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
Per diode					
V_{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	85	V
V_R	continuous reverse voltage		–	75	V
I_F	continuous forward current	single diode loaded; see Fig.2; note 1	–	215	mA
		double diode loaded; see Fig.2; note 1	–	125	mA
I_{FRM}	repetitive peak forward current		–	450	mA
I_{FSM}	non-repetitive peak forward current	square wave; $T_j = 25\text{ °C}$ prior to surge; see Fig.4			
		$t = 1\ \mu\text{s}$	–	4	A
		$t = 1\ \text{ms}$	–	1	A
		$t = 1\ \text{s}$	–	0.5	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} = 25\text{ °C}$; note 1	–	250	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+150	°C
T_j	junction temperature		–	150	°C

Note

1. Device mounted on an FR4 printed-circuit board.

High-speed double diode

BAV99

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_j = 25\text{ °C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MAX.	UNIT
Per diode				
V_F	forward voltage	see Fig.3 $I_F = 1\text{ mA}$ $I_F = 10\text{ mA}$ $I_F = 50\text{ mA}$ $I_F = 150\text{ mA}$	715 855 1 1.25	mV mV V V
I_R	reverse current	see Fig.5 $V_R = 25\text{ V}$ $V_R = 75\text{ V}$ $V_R = 25\text{ V}; T_j = 150\text{ °C}$ $V_R = 75\text{ V}; T_j = 150\text{ °C}$	30 1 30 50	nA μA μA μA
C_d	diode capacitance	$f = 1\text{ MHz}; V_R = 0$; see Fig.6	1.5	pF
t_{rr}	reverse recovery time	when switched from $I_F = 10\text{ mA}$ to $I_R = 10\text{ mA}$; $R_L = 100\ \Omega$; measured at $I_R = 1\text{ mA}$; see Fig.7	4	ns
V_{fr}	forward recovery voltage	when switched from $I_F = 10\text{ mA}$; $t_r = 20\text{ ns}$; see Fig.8	1.75	V

THERMAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	VALUE	UNIT
$R_{th\ j-tp}$	thermal resistance from junction to tie-point		360	K/W
$R_{th\ j-a}$	thermal resistance from junction to ambient	note 1	500	K/W

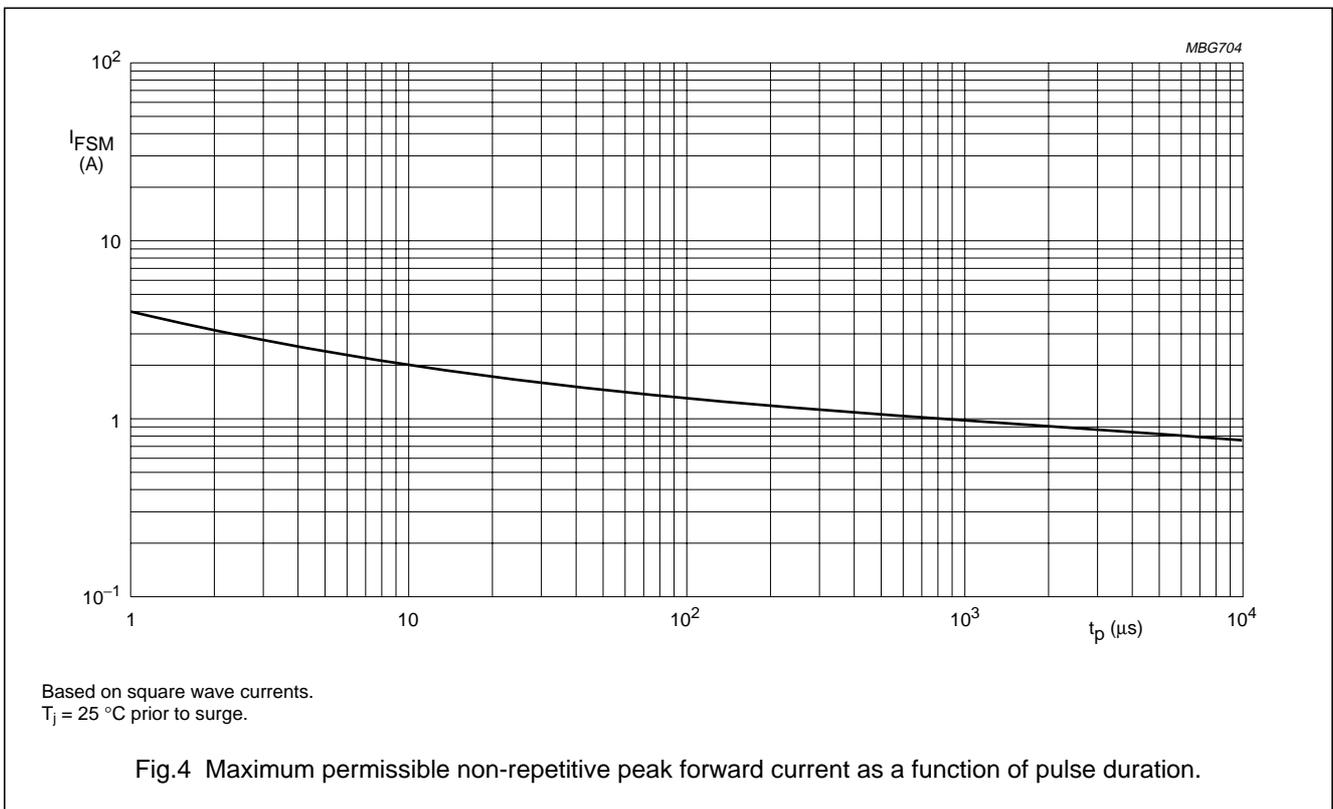
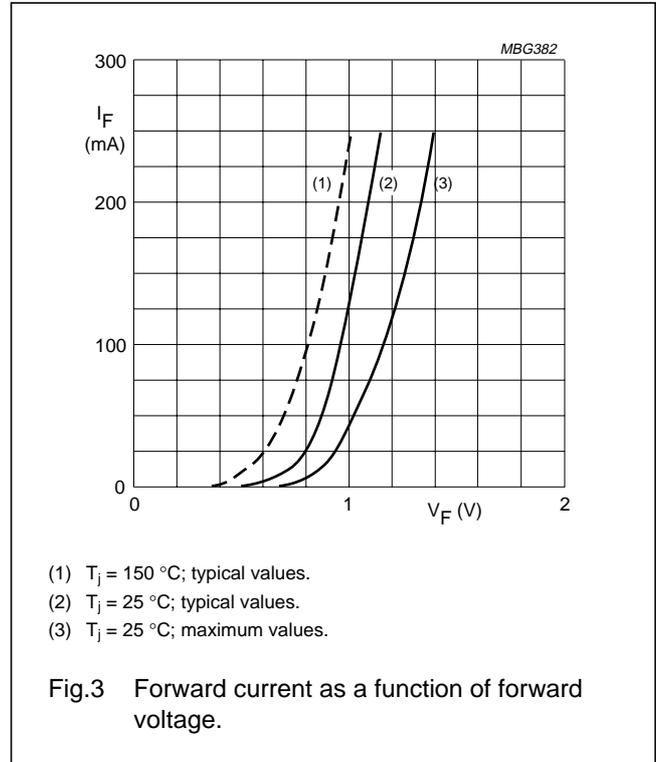
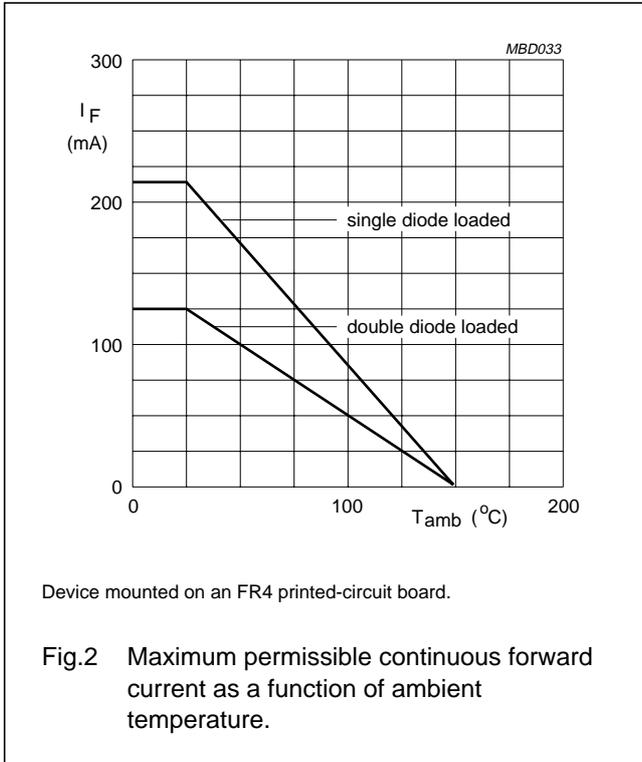
Note

1. Device mounted on an FR4 printed-circuit board.

High-speed double diode

BAV99

GRAPHICAL DATA



High-speed double diode

BAV99

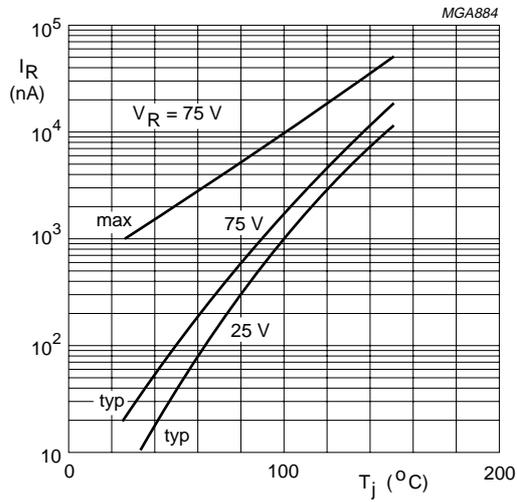
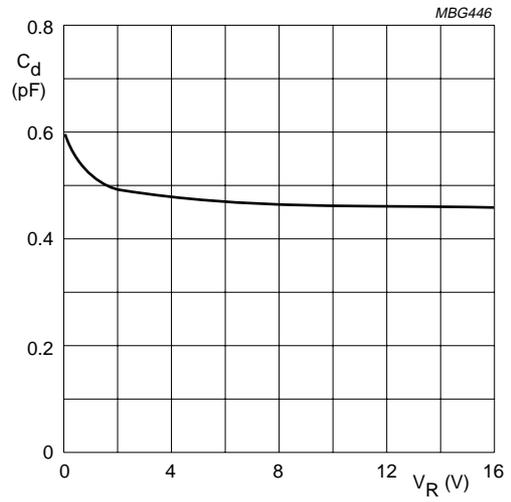


Fig.5 Reverse current as a function of junction temperature.

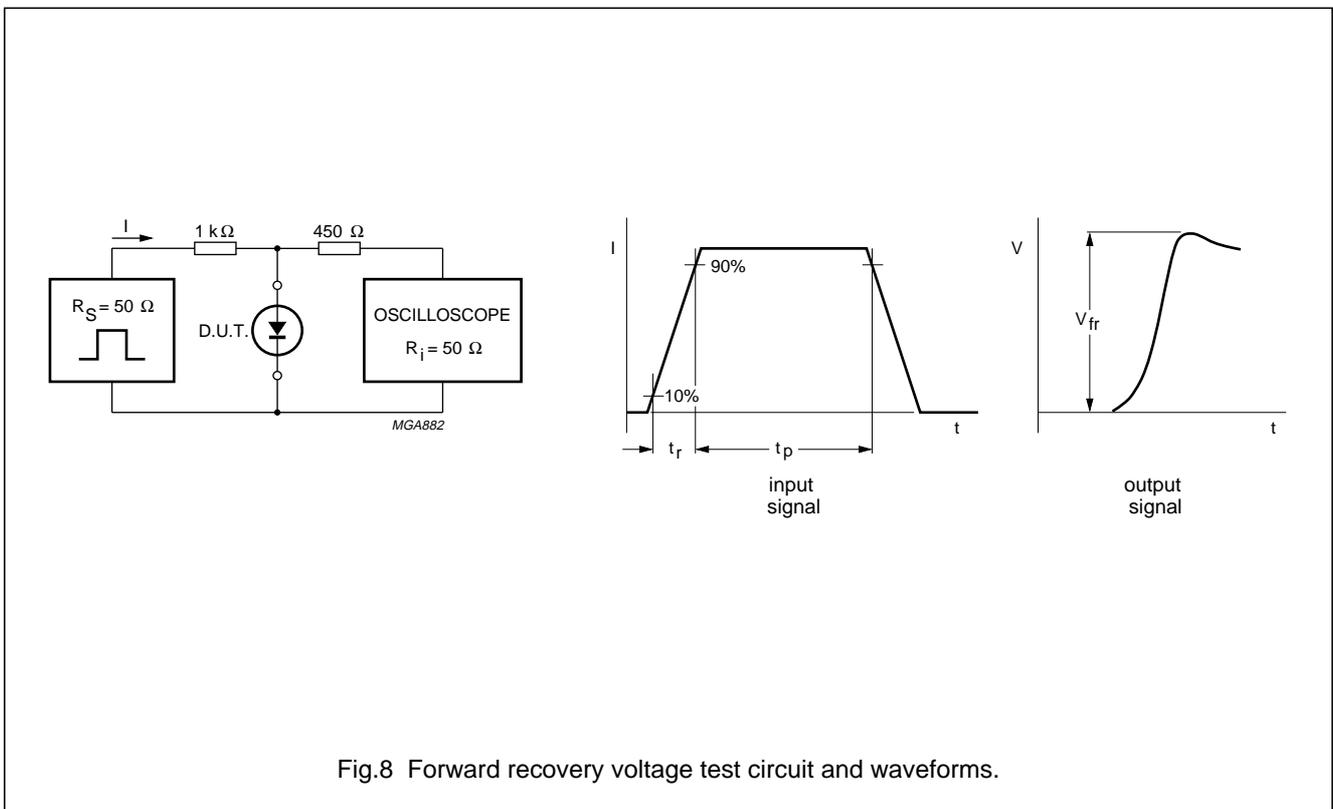
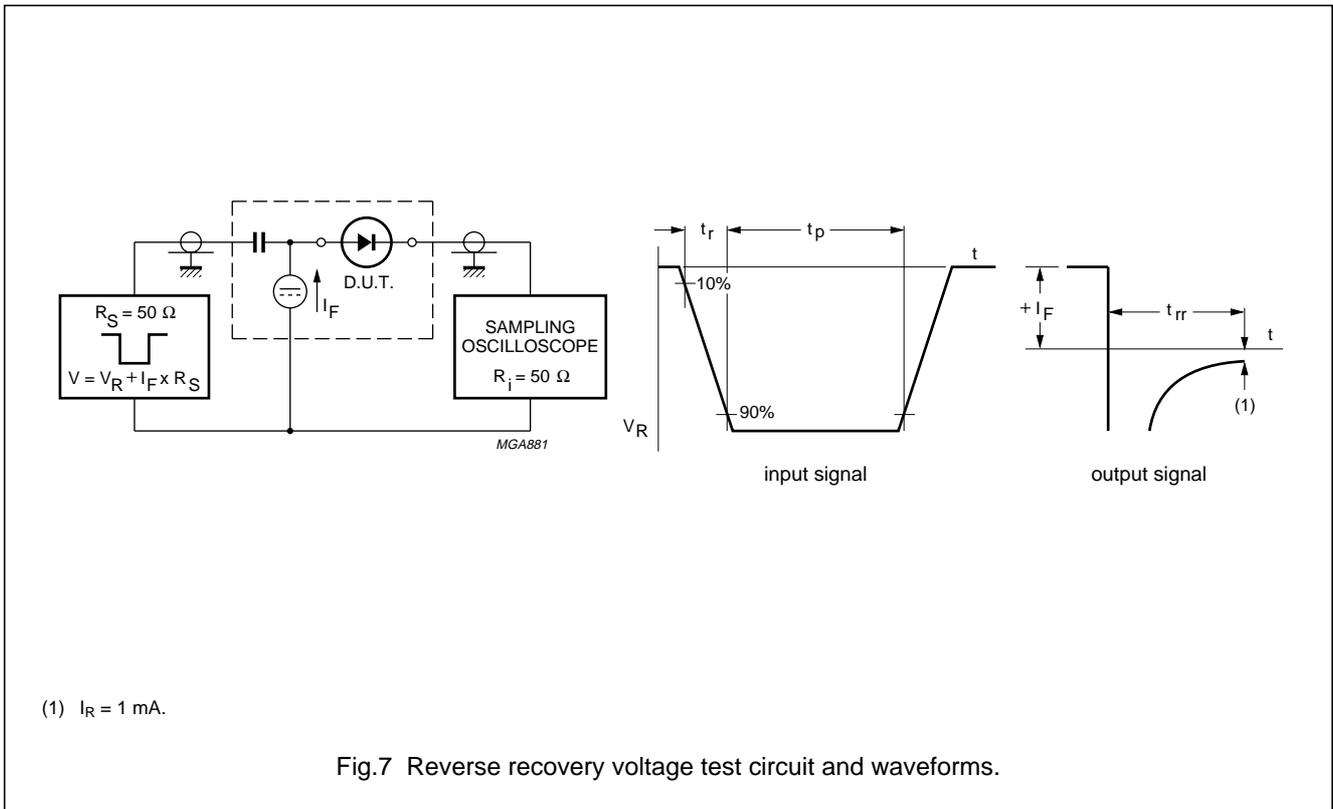


$f = 1$ MHz; $T_j = 25$ °C.

Fig.6 Diode capacitance as a function of reverse voltage; typical values.

High-speed double diode

BAV99



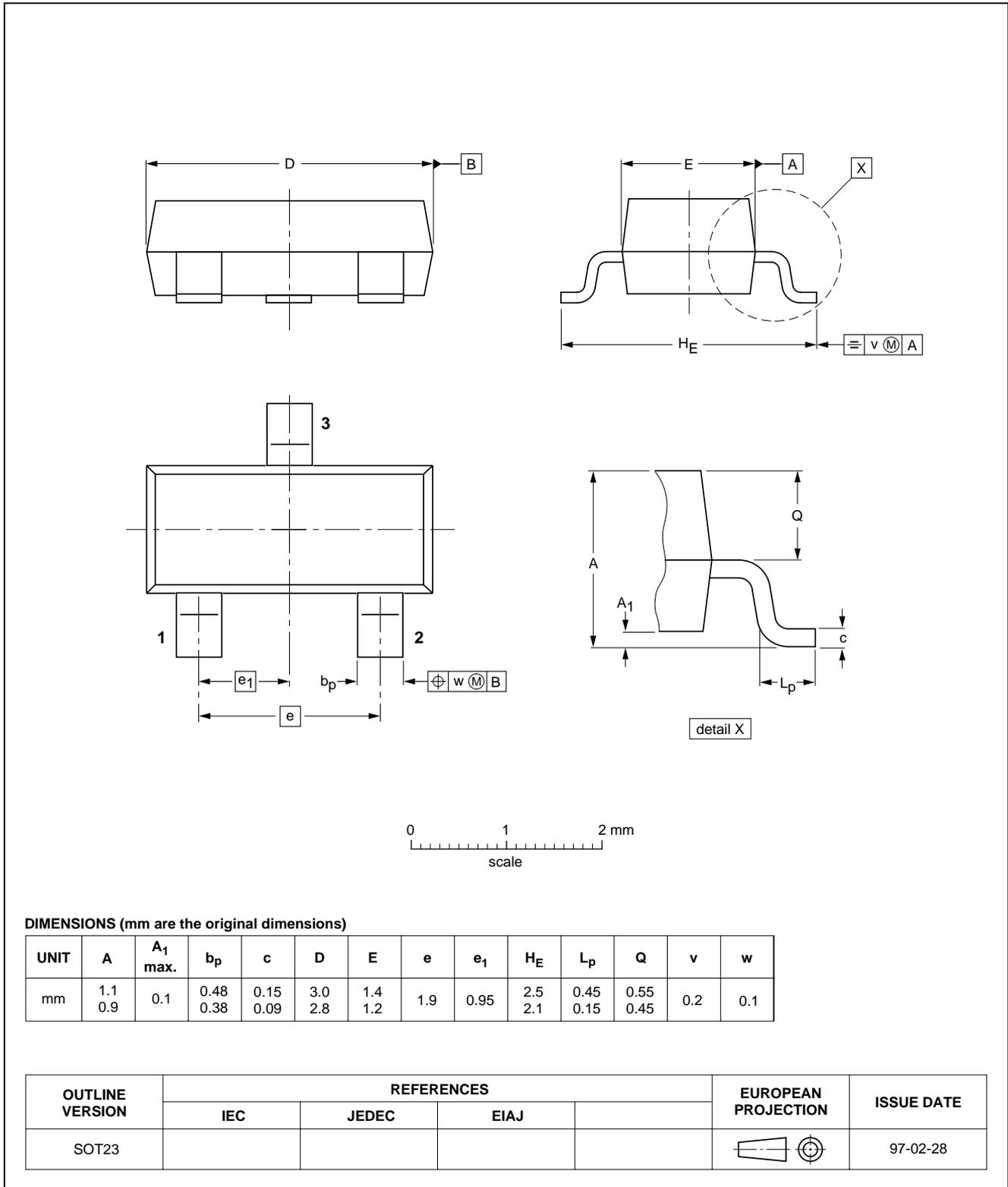
High-speed double diode

BAV99

PACKAGE OUTLINE

Plastic surface mounted package; 3 leads

SOT23



High-speed double diode

BAV99

DEFINITIONS

Data Sheet Status	
Objective specification	This data sheet contains target or goal specifications for product development.
Preliminary specification	This data sheet contains preliminary data; supplementary data may be published later.
Product specification	This data sheet contains final product specifications.
Limiting values	
Limiting values given are in accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 134). Stress above one or more of the limiting values may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only and operation of the device at these or at any other conditions above those given in the Characteristics sections of the specification is not implied. Exposure to limiting values for extended periods may affect device reliability.	
Application information	
Where application information is given, it is advisory and does not form part of the specification.	

LIFE SUPPORT APPLICATIONS

These products are not designed for use in life support appliances, devices, or systems where malfunction of these products can reasonably be expected to result in personal injury. Philips customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Philips for any damages resulting from such improper use or sale.

High-speed double diode

BAV99

NOTES

High-speed double diode

BAV99

NOTES

High-speed double diode

BAV99

NOTES

Philips Semiconductors – a worldwide company

Argentina: see South America

Australia: 34 Waterloo Road, NORTH RYDE, NSW 2113,
Tel. +61 2 9805 4455, Fax. +61 2 9805 4466

Austria: Computerstr. 6, A-1101 WIEN, P.O. Box 213,
Tel. +43 1 60 101 1248, Fax. +43 1 60 101 1210

Belarus: Hotel Minsk Business Center, Bld. 3, r. 1211, Volodarski Str. 6,
220050 MINSK, Tel. +375 172 20 0733, Fax. +375 172 20 0773

Belgium: see The Netherlands

Brazil: see South America

Bulgaria: Philips Bulgaria Ltd., Energoproject, 15th floor,
51 James Bourchier Blvd., 1407 SOFIA,
Tel. +359 2 68 9211, Fax. +359 2 68 9102

Canada: PHILIPS SEMICONDUCTORS/COMPONENTS,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

China/Hong Kong: 501 Hong Kong Industrial Technology Centre,
72 Tat Chee Avenue, Kowloon Tong, HONG KONG,
Tel. +852 2319 7888, Fax. +852 2319 7700

Colombia: see South America

Czech Republic: see Austria

Denmark: Sydhavnsgade 23, 1780 COPENHAGEN V,
Tel. +45 33 29 3333, Fax. +45 33 29 3905

Finland: Sinikalliontie 3, FIN-02630 ESPOO,
Tel. +358 9 615 800, Fax. +358 9 6158 0920

France: 51 Rue Carnot, BP317, 92156 SURESNES Cedex,
Tel. +33 1 4099 6161, Fax. +33 1 4099 6427

Germany: Hammerbrookstraße 69, D-20097 HAMBURG,
Tel. +49 40 2353 60, Fax. +49 40 2353 6300

Hungary: see Austria

India: Philips INDIA Ltd, Band Box Building, 2nd floor,
254-D, Dr. Annie Besant Road, Worli, MUMBAI 400 025,
Tel. +91 22 493 8541, Fax. +91 22 493 0966

Indonesia: PT Philips Development Corporation, Semiconductors Division,
Gedung Philips, Jl. Buncit Raya Kav.99-100, JAKARTA 12510,
Tel. +62 21 794 0040 ext. 2501, Fax. +62 21 794 0080

Ireland: Newstead, Clonskeagh, DUBLIN 14,
Tel. +353 1 7640 000, Fax. +353 1 7640 200

Israel: RAPAC Electronics, 7 Kehilat Saloniki St, PO Box 18053,
TEL AVIV 61180, Tel. +972 3 645 0444, Fax. +972 3 649 1007

Italy: PHILIPS SEMICONDUCTORS, Piazza IV Novembre 3,
20124 MILANO, Tel. +39 02 67 52 2531, Fax. +39 02 67 52 2557

Japan: Philips Bldg 13-37, Kohnan 2-chome, Minato-ku,
TOKYO 108-8507, Tel. +81 3 3740 5130, Fax. +81 3 3740 5077

Korea: Philips House, 260-199 Itaewon-dong, Yongsan-ku, SEOUL,
Tel. +82 2 709 1412, Fax. +82 2 709 1415

Malaysia: No. 76 Jalan Universiti, 46200 PETALING JAYA, SELANGOR,
Tel. +60 3 750 5214, Fax. +60 3 757 4880

Mexico: 5900 Gateway East, Suite 200, EL PASO, TEXAS 79905,
Tel. +9-5 800 234 7381, Fax +9-5 800 943 0087

Middle East: see Italy

Netherlands: Postbus 90050, 5600 PB EINDHOVEN, Bldg. VB,
Tel. +31 40 27 82785, Fax. +31 40 27 88399

New Zealand: 2 Wagener Place, C.P.O. Box 1041, AUCKLAND,
Tel. +64 9 849 4160, Fax. +64 9 849 7811

Norway: Box 1, Manglerud 0612, OSLO,
Tel. +47 22 74 8000, Fax. +47 22 74 8341

Pakistan: see Singapore

Philippines: Philips Semiconductors Philippines Inc.,
106 Valero St. Salcedo Village, P.O. Box 2108 MCC, MAKATI,
Metro MANILA, Tel. +63 2 816 6380, Fax. +63 2 817 3474

Poland: Ul. Lukiska 10, PL 04-123 WARSZAWA,
Tel. +48 22 612 2831, Fax. +48 22 612 2327

Portugal: see Spain

Romania: see Italy

Russia: Philips Russia, Ul. Usatcheva 35A, 119048 MOSCOW,
Tel. +7 095 755 6918, Fax. +7 095 755 6919

Singapore: Lorong 1, Toa Payoh, SINGAPORE 319762,
Tel. +65 350 2538, Fax. +65 251 6500

Slovakia: see Austria

Slovenia: see Italy

South Africa: S.A. PHILIPS Pty Ltd., 195-215 Main Road Martindale,
2092 JOHANNESBURG, P.O. Box 58088 Newville 2114,
Tel. +27 11 471 5401, Fax. +27 11 471 5398

South America: Al. Vicente Pinzon, 173, 6th floor,
04547-130 SÃO PAULO, SP, Brazil,
Tel. +55 11 821 2333, Fax. +55 11 821 2382

Spain: Balmes 22, 08007 BARCELONA,
Tel. +34 93 301 6312, Fax. +34 93 301 4107

Sweden: Kottbygatan 7, Akalla, S-16485 STOCKHOLM,
Tel. +46 8 5985 2000, Fax. +46 8 5985 2745

Switzerland: Allmendstrasse 140, CH-8027 ZÜRICH,
Tel. +41 1 488 2741 Fax. +41 1 488 3263

Taiwan: Philips Semiconductors, 6F, No. 96, Chien Kuo N. Rd., Sec. 1,
TAIPEI, Taiwan Tel. +886 2 2134 2886, Fax. +886 2 2134 2874

Thailand: PHILIPS ELECTRONICS (THAILAND) Ltd.,
209/2 Sanpavuth-Bangna Road Prakanong, BANGKOK 10260,
Tel. +66 2 745 4090, Fax. +66 2 398 0793

Turkey: Yukari Dudullu, Org. San. Blg., 2.Cad. Nr. 28 81260 Umraniye,
ISTANBUL, Tel. +90 216 522 1500, Fax. +90 216 522 1813

Ukraine: PHILIPS UKRAINE, 4 Patrice Lumumba str., Building B, Floor 7,
252042 KIEV, Tel. +380 44 264 2776, Fax. +380 44 268 0461

United Kingdom: Philips Semiconductors Ltd., 276 Bath Road, Hayes,
MIDDLESEX UB3 5BX, Tel. +44 181 730 5000, Fax. +44 181 754 8421

United States: 811 East Arques Avenue, SUNNYVALE, CA 94088-3409,
Tel. +1 800 234 7381, Fax. +1 800 943 0087

Uruguay: see South America

Vietnam: see Singapore

Yugoslavia: PHILIPS, Trg N. Pasica 5/v, 11000 BEOGRAD,
Tel. +381 11 62 5344, Fax. +381 11 63 5777

For all other countries apply to: Philips Semiconductors,
International Marketing & Sales Communications, Building BE-p, P.O. Box 218,
5600 MD EINDHOVEN, The Netherlands, Fax. +31 40 27 24825

Internet: <http://www.semiconductors.philips.com>

© Philips Electronics N.V. 1999

SCA 64

All rights are reserved. Reproduction in whole or in part is prohibited without the prior written consent of the copyright owner.

The information presented in this document does not form part of any quotation or contract, is believed to be accurate and reliable and may be changed without notice. No liability will be accepted by the publisher for any consequence of its use. Publication thereof does not convey nor imply any license under patent- or other industrial or intellectual property rights.

Printed in The Netherlands

115002/00/03/pp12

Date of release: 1999 May 11

Document order number: 9397 750 05943

Let's make things better.

**Philips
Semiconductors**



PHILIPS