

Toepassing van elektronica

Prof.ir.K.H.J.Robers

tekstverwerking en figuren:

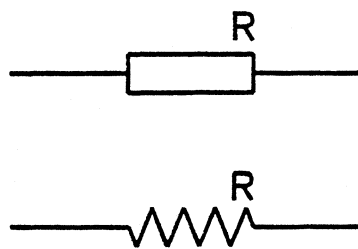
Rinus Grabijn

Vakgroep Constructie
Faculteit van het Industrieel Ontwerpen
Technische Universiteit Delft

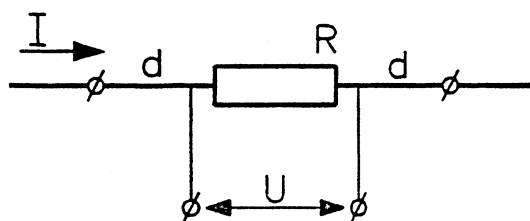
maart 1998

Inhoudsopgave

- 1 - Weerstanden
- 2 - Condensatoren
- 3 - Zelfinducties
- 4 - Transformatoren
- 5 - Dioden
- 6 - Transistoren
- 7 - Thyristors, Triacs
- 8 - Intergrated Circuits, Analooq
- 9 - Intergrated Circuits, Digitaal
- 10 - Bijzondere onderwerpen: de afstandbediening
- 11 - Het realiseren van circuits in micro-elektronica



1.1 Schema symbool voor weerstanden



1.2 Weerstand met dubbele aansluitingen. U is de gemeten spanning over R . De aansluitdraden d dragen niet bij in de gemeten spanning.

Weerstanden

Range

Geen onderdeel wordt in de elektronica meer gebruikt dan weerstanden. Veel gebruikte schemasymbolen zijn afgebeeld in figuur 1.1. Weerstanden zijn er natuurlijk in verschillende waarden.

Standaard waarden: 1 Ω tot 10 M Ω .

Lagere waarden, tot 0,1 Ω , zijn in bepaalde uitvoeringen wel verkrijgbaar. Het probleem bij het gebruik van nog lagere waarden is dat de weerstand van de aansluitdraden en de soldeerverbinding niet meer verwaarloosd kan worden. Lage weerstanden voor stroom-spanningsconversie zijn daarom meestal voorzien van dubbele aansluitingen (zie figuur 1.2)

Hogere waarden, boven de 10 M Ω , zijn er alleen in heel speciale, vrij grote uitvoeringen. Bij deze hoge waarden begint de geleiding van de gebruikelijke isolatiematerialen merkbaar te worden. Gebruik van deze hoge waarden moet dus met verstand gebeuren. Meestal zijn hoge weerstanden alleen nodig in schakelingen met zeer hoge spanningen. Dan moet er toch al voorzichtig worden ontworpen.

Wetmatigheden

Een weerstand heeft een vaste verhouding tussen de spanning die op een bepaald moment over de weerstand staat en de stroom die er doorheen loopt. Deze verhouding is bekend als de wet van Ohm:

In formule: $U=I \times R$ of $I=\frac{U}{R}$

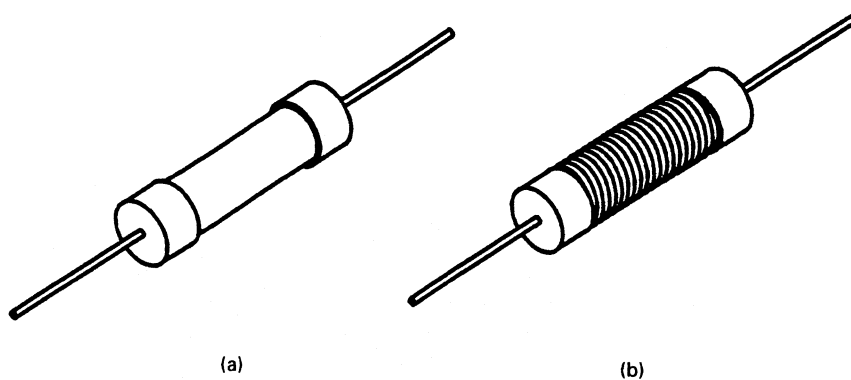
waarbij U in volt,
I in ampère
en R in ohm.

De tijd is niet van invloed op de verhouding tussen stroom en spanning, daarom is een weerstand in principe frequentie onafhankelijk. Anders gezegd: de weerstandswaarde is gelijk voor gelijkspanning en wisselspanningen van ongeacht welke frequentie.

Wanneer over een weerstand spanning staat en er (dus) stroom door loopt dan wordt in de weerstand elektrisch vermogen in warmte omgezet. De elektronicus noemt dit "dissiperen".

E3 3/decade	E6 6/decade	E12 12/decade	E24 24/decade
1	1	1,0	1,0
		1,1	1,1
		1,2	1,2
		1,3	1,3
		1,5	1,5
		1,6	1,6
		1,8	1,8
		2,0	2,0
		2,2	2,2
		2,4	2,4
2,2	2,2	2,7	2,7
		3,0	3,0
		3,3	3,3
		3,6	3,6
		3,9	3,9
		4,3	4,3
		4,7	4,7
		5,1	5,1
		5,6	5,6
		6,2	6,2
4,7	4,7	6,8	6,8
		7,5	7,5
		8,2	8,2
		9,1	9,1
		10	10
		10	10
		10	10
		10	10
		10	10
		10	10

1.3 Standaard weerstandenreeks



1.4 Een filmweerstand (a) en een draadgewonden weerstand (b)

In formule: $P=U \cdot I$

waarbij P in watt, of joule per seconde.

U in volt

en I in ampère.

Waardereeksen

Standaard weerstanden zijn er in reeksen waarbij elke opvolgende waarde een ongeveer even grote procentuele hogere waarde heeft (zie figuur 1.3) Voor elke decade geeft dat een standaard reeks waarden die voor buitenstaanders wat merkwaardig aandoet. In de meeste gevallen kan men uitkomen met weerstandswaarden uit de E12-reeks.

Er zijn ook fijner verdeelde reeksen. Dit betreft dan meestal de veel duurdere precisie weerstanden. Wanneer een weerstand een zo nauwkeurige waarde moet hebben is het vrijwel altijd ook belangrijk dat hij zo nauwkeurig zijn waarde blijft behouden.

Nauwkeurigheid

Standaard weerstanden hebben een nauwkeurigheid van 5%. Dat houdt in dat onder normale omstandigheden de waarde tot 5% kan afwijken van de nominale waarde. In het ontwerp van zijn schakeling moet de elektronicus daar rekening mee houden.

Konstruktie

Het meest gangbaar zijn filmweerstand (zie figuur 1.4a) Zij bestaan uit een keramisch staafje, waarop een kool- of metaalfilm is aangebracht. Deze film is zeer dun en heeft daardoor al een grote weerstand. Aan weerszijden is op het staafje een messing kapje gedrukt, waaraan de koperen aansluitdraden zijn gelast. Op een slijpbank wordt een spiraal in de weerstand geslepen om de weerstand op zijn definitieve waarde te brengen.

Draadgewonden weerstanden bestaan uit een keramisch buisje of staafje waaromheen speciaal metaal draad is gewonden (zie figuur 1.4b) Aan weerszijden is er een aansluiting in de vorm van een kapje of een ring. Meestal is het draad gefixeerd met emaille. Dit soort weerstanden mag bij het gebruik zeer heet worden.

Chipweerstand zijn bedoeld voor oppervlakte montage. Deze techniek heet Surface Mounted Devices, afgekort SMD. Het zijn kleine keramische blokjes zonder draden (zie documentatiebladen RC-11) Zij worden op het sporenpatroon van een printpaneel geplakt en daarna direct aan de sporen vast gesoldeerd.

Instelbare weerstanden zijn vrijwel altijd weerstanden met een aftakking, die versteld kan worden. Dit heet een potentiometer, alhoewel er niets gemeten wordt. Potentiometers zijn in te delen in:

- type met as, met een knop op de as is de stand door de gebruiker door draaien in te stellen, (zie figuur 1.5a en 1.5b)
- schuifpotentiometer, ook met (schuif-) knop, bediening door de gebruiker, (zie figuur 1.5c)
- instelpotentiometer, deze zit binnen in het apparaat en wordt met een gereedschapje tijdens de produktie in de meest optimale stand gezet (zie figuur 1.5d t/m g)

Beperkingen

- Dissipatie:

Wanneer door een weerstand stroom loopt wordt daarin warmte ontwikkeld. Een fysiek grote weerstand kan meer warmte dissiperen dan een kleintje. De maximale dissipatie van weerstanden wordt altijd door de fabrikant opgegeven voor een bepaald type. Voor de kleine filmweerstand en chipweerstand is dat 0,3 watt. Filmweerstand gaan tot 1 á 2 W. Draadgewonden weerstanden zijn er tot een paar honderd watt, maar in praktische maten tot 20 W.

Om toch een groot vermogen te kunnen dissiperen in een niet te groot weerstandslichaam mogen draadgewonden weerstanden erg heet worden. Een oppervlakte temperatuur ver boven de 100°C is heel normaal. De weerstand raakt dan zijn vermogen kwijt door straling en convectie. Bij het gebruik in een ontwerp van dit soort weerstanden moet rekening worden gehouden met deze warmte afgifte.

- Spanning:

Voor weerstanden van hoge waarde is de dissipatie geen beperkende factor meer. Om 0,1 W te dissiperen in een weerstand van 1 MΩ moet daarop een spanning van 333 V staan. Voor chipweerstand is deze hoge spanning al ontoelaatbaar. Wanneer hoge spanningen in een schakeling worden gebruikt moet men rekening houden met grotere componenten dan op basis van dissipatie berekeningen te verwachten is.

Gebruik

Weerstand gebruikt men voor:

- conversie van stroom naar spanning:

Er is een stroom, maar men wil een spanning hebben evenredig aan de stroom. Dit is heel duidelijk bij de toepassing van fotodioden, die een stroom doorlaten evenredig met de hoeveelheid opvallend licht. De hierop volgende elektronica reageert op een ingangsspanning. De weerstand zet de stroom om in een spanning volgens $U = I \times R$ (zie figuur 1.6)

- conversie van spanning naar stroom:

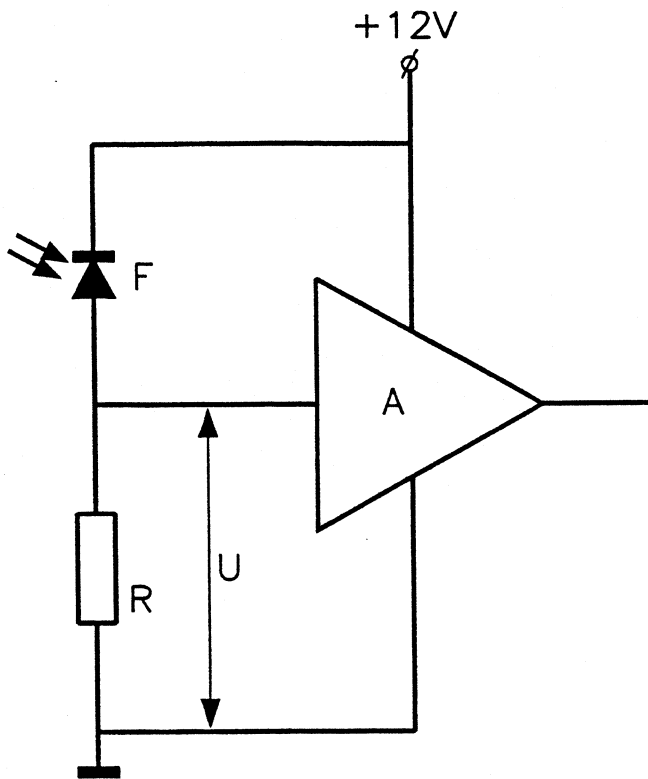
Er moet ergens in een schakeling een bepaalde stroom lopen. Dit ziet men o.a. bij Light Emitting Diodes (LED). Er moet door de diode een stroom lopen van nominaal 20 mA. De spanning over de diode is daarbij ongeveer 1,25 volt. Deze spanning stijgt en daalt maar weinig wanneer de stroom groter en kleiner wordt gemaakt (zie hoofdstuk "dioden") Door een weerstand in serie te schakelen en het geheel op een bekende voedingsspanning aan te sluiten kan de stroom op de gewenste waarde worden gebracht, waarbij $I = U/R$ (zie figuur 1.7)

Jargon

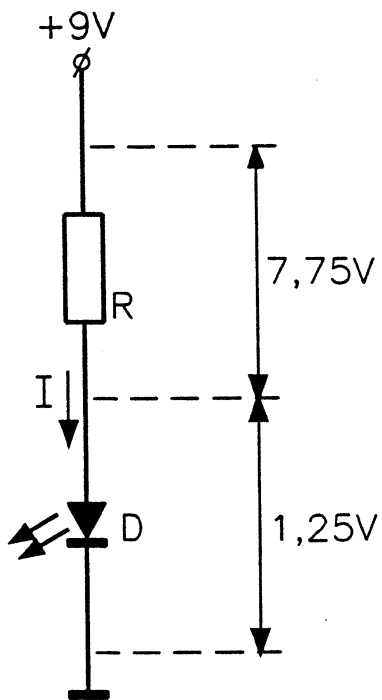
Een weerstand wordt door elektronici altijd aangeduid met R. In het spraakgebruik heeft men het daarom wel over "een R" of "erretje". Het woord "potentiometer" is veel te lang voor dagelijks gebruik, dit wordt altijd "potmeter", soms ook wel "pot" en "instelpot" of "trimpot".

Weerstandswaarden boven 1000 ohm worden bijna altijd in technische notatie gegeven. 10.000 Ω is 10 kilo Ω, kortweg 10 k.

In het spraakgebruik gebruikt men de k ook als komma: 4,7 kilo Ω heet 4k7.



- 1.6 De stroom door fotodiode F wordt door weerstand R omgezet in een spanning U. Versterker A versterkt deze spanning.



- 1.7 Weerstand R bepaalt de stroom door de LED. De werkspanning van de LED bedraagt 1,25V. De spanning over R wordt dan $9 - 1,25 = 7,75\text{V}$. De gewenste stroom bedraagt 0,02A (de werkstroom van de LED). Dus $R = 7,75 / 0,02 = 387,5\Omega$. De dichtstbijzijnde waarde in de E12-reeks is 390 Ω .

Evenzo wordt 1,5 Mega Ω vaak 1M5 genoemd.

Ook de gewone komma wordt wel vervangen door de letter E. Zo heeft een weerstand van 2E7 een waarde van 2,7 Ω .

De mogelijke afwijking van de nominale waarde noemt men de tolerantie van de weerstand. Een tolerantie van 5% of 10% is heel gebruikelijk.

Kosten

Vaste weerstanden onder 0,5 watt, zowel met aansluitdraden als SMD, kosten ongeveer 1 cent per stuk. Grotere weerstanden zijn duurder.

Instelpotjes kosten ongeveer 10 cent, maar de heel kleine voor SMD zijn duurder, ongeveer 25 cent.

Niet verwaarloosbaar daarbij zijn de kosten die gemaakt moeten worden om tijdens de produktie de optimale waarde in te stellen. Dit is lastig en duur. Er kan speciale afregelapparatuur nodig zijn om de optimale instelling te kunnen vinden. Daarom probeert men afregelingen zoveel mogelijk te vermijden in het elektronisch ontwerp.

Documentatiebladen

Op de volgende pagina's zijn de documentatiebladen afgedrukt van metaalfilm weerstanden met aansluitdraadjes type SFR25 en van SMD metaalfilm weerstanden type RC-11. Van alle typen weerstanden is van dit soort documentatie in omloop. Aan de paginanummers is te zien welke bladen er bij elkaar horen.

Merk op:

- hoeveel er gespecificeerd wordt van zoiets simpels als een weerstand,
- dat de meeste informatie gaat over wat er gebeurt bij verkeerd gebruik,
- dat elektronici als dat even kan graag met grafiekjes werken,
- hoe belangrijk ook de verpakking is in verband met de automatische verwerking door robots.

MECHANICAL DATA

All dimensions in mm

SURFACE MOUNTED RESISTOR

QUICK REFERENCE DATA

Resistance range	1 Ω to 10 M Ω and jumper (0 Ω)
Resistance tolerance	E24 series
Temperature coefficient	$\pm 5\%$
Absolute maximum dissipation at $T_{amb} = 70^\circ\text{C}$	$\leq \pm 200 \times 10^{-6}$
Maximum permissible voltage	0.10 W
Basic specification	150 V (RMS)
Stability after:	55/125/56
load, 1000 hours at $T_{amb} = 70^\circ\text{C}$	IEC 115-1
for $R \leq 1 \text{ M}\Omega$	$\Delta R/R \text{ max. } \pm 1.5\% + 0.05 \Omega$
for $R > 1 \text{ M}\Omega$	$\Delta R/R \text{ max. } \pm 3\% + 0.1 \Omega$
climatic tests	$\Delta R/R \text{ max. } \pm 1.5\% + 0.05 \Omega$
for $R \leq 1 \text{ M}\Omega$	$\Delta R/R \text{ max. } \pm 3\% + 0.1 \Omega$
for $R > 1 \text{ M}\Omega$	$\Delta R/R \text{ max. } \pm 0.5\% + 0.05 \Omega$
soldering	$\Delta R/R \text{ max. } \pm 1\% + 0.05 \Omega$
short time overload, 300 V maximum	

APPLICATION

Surface mounted resistors are used in a wide range of equipment. Important considerations for using surface mounted resistors are:

- decrease in size and mass of equipment
- reduction of assembly costs of equipment
- specific electrical requirements (such as HF characteristics).

DESCRIPTION

The resistors are constructed on a high grade ceramic (aluminium oxide) substrate. Internal electrodes are attached to each end of the resistor and a connection is made between them using a resistive metal glaze; the approximate resistor values are dependent on the composition of the glaze.

The resistive glaze is adjusted using laser trimming techniques to give the required nominal value. The resistive layer is coated with a protective overglaze. Finally, two end electrodes are added, the composition of which has been designed to provide ease of soldering.

Outlines

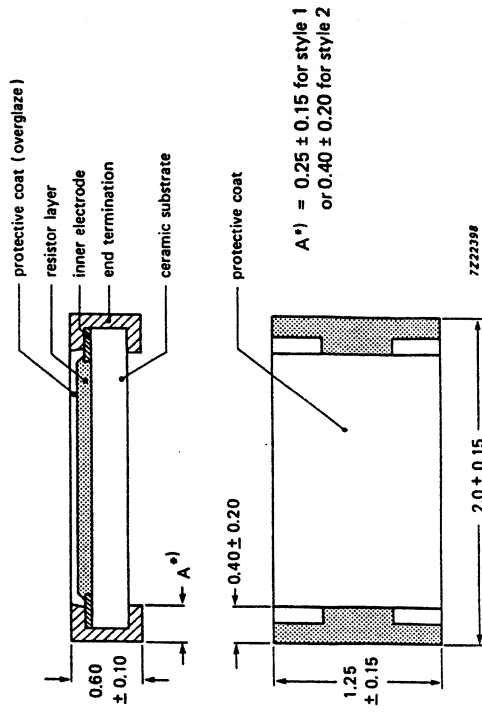


Fig. 1 Component outline and physical dimensions.

Mass (per 100 pieces): 0.55 gram.

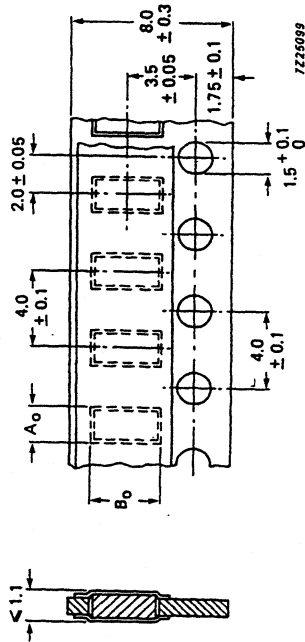
Mounting

The rectangular shape and accurate dimensions of this device makes it suitable for use with automatic placement machines. The resistor can be mounted on either ceramic substrates or printed circuit boards, and because of their protective coating, may be placed 'face-down' if desired.

The devices may be connected to the circuit using a number of techniques. The robust construction of the device allows it to be immersed in a solder bath at a maximum temperature of 255°C for up to 1 minute. This allows the surface mounted resistors to be mounted on one side of a printed circuit board, whilst at the same time, mounting other discrete components on the other side of the printed circuit board.

STANDARD PACKAGING

1. Cardboard tape, on reel; quantity 4000 per reel; reel diameter 180 mm, see Fig.3 in Resistor Chips Introduction.
2. Cardboard boxes containing 1000 pieces.



$$A_0 = 1.50 + 0.20/-0$$

$$B_0 = 2.25 + 0.20/-0$$

Fig. 6 Cardboard tape dimensions.

For further information on packaging, see the Introduction for Resistor Chips.

TESTS AND REQUIREMENTS

Generally, all tests are carried out in accordance with the schedule of IEC publication 115-1; rated temperature range -55 to +125 °C, damp heat (long term) 56 days (see IEC publication 115-2 clause 4.1).

Testing is carried out in accordance with IEC publication 68, "Recommended basic climatic and mechanical robustness testing procedure for electronic components".

In Table 2, the tests and requirements are listed with reference to the relevant clauses of IEC publications 115-1 and 68; a short description of the test procedure is also given.

In some cases, deviations from the IEC specification were necessary for our method of specifying.

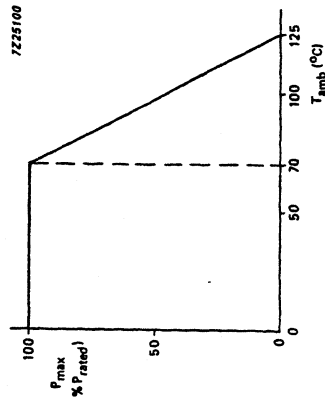


Fig. 5 Maximum dissipation (P_{max}) as a function of the ambient temperature.

Table 2 Tests and requirements

IEC 115-2 clause	IEC 68 test method	test	procedure	requirements
4.17	Ta	soldering	unmounted chips completely immersed for 2 ± 0.5 s in a solder bath at 230 ± 10 °C; flux 600	good tinning, no damage
4.18	Tb	resistance to soldering heat	10 s at 260 °C; flux 600	$\Delta R/R$ max. $\pm 0.5\% + 0.05 \Omega$
4.19	Na	rapid change of temperature	30 minutes at -55 °C 30 minutes at +125 °C 5 cycles.	$\Delta R/R$ max. $\pm 0.5\% + 0.05 \Omega$
4.22	Fc	vibration	frequency: 10 - 500 Hz displacement 1.5 mm or acceleration 10 g in three directions, total 6 hours	no damage $\Delta R/R$ max. $\pm 0.5\% + 0.05 \Omega$
4.20	Eb	bump	3 x 1500 bumps in three directions; 40 g	no damage $\Delta R/R$ max. $\pm 0.5\% + 0.05 \Omega$
4.23	Ba	climatic sequence:		
4.23.2		dry heat	16 hours; +125 °C	
4.23.3	D	damp heat (accelerated), first cycle	24 hours; +55 °C; 95 - 100% R.H.	R_{ins} min. 1000 M Ω
4.23.4	Aa	cold	2 hours; -55 °C	$R \leq 1$ M Ω ;
4.23.5	M	low air pressure	1 hour; 8.5 kPa;	$\Delta R/R$ max. $\pm 1.5\% + 0.05 \Omega$
4.23.6	D	damp heat (accelerated), remaining cycles	15 - 35 °C 5 days; +55 °C 95 - 100% R.H.	$R > 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 3\% + 0.1 \Omega$
4.24.2	Ca	damp heat (steady state)	56 days; +40 °C 90 - 95% R.H., loaded with 0.01 Pn (IEC steps; 1 - 100 V) Dissipation ≤ 1 mW	R_{ins} min. 1000 M Ω $R \leq 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 1.5\% + 0.05 \Omega$ $R > 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 3\% + 0.1 \Omega$
4.25.1	-	endurance	1000 hours; +70 °C, nominal dissipation	$R \leq 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 1.5\% + 0.05 \Omega$ $R > 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 3\% + 0.1 \Omega$
4.6.1.1	-	insulation resistance	-	min. 10 ⁶ M Ω
4.13	-	short time overload	room temperature, dissipation 6.25 x 0.1 W; 5 s (voltage not more than 2 x limiting voltage)	$\Delta R/R$ max. $\pm 1\% + 0.05 \Omega$
4.8.4.2	-	temperature coefficient	between -55 °C and +125 °C	$\leq \pm 200 \times 10^{-6}$
4.12	-	noise	IEC publication 195	$R < 1$ k Ω : max. 1 μ V/V $R < 10$ k Ω : max. 3 μ V/V $R < 100$ k Ω : max. 6 μ V/V $R < 1$ M Ω : max. 10 μ V/V
4.23.2	Ba	dry heat	1000 hours; +125 °C, no load	no visual damage $R \leq 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 1.5\% + 0.05 \Omega$ $R > 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 3\% + 0.1 \Omega$
4.7	-	voltage proof on insulation	150 V (RMS) for 1 minute	no breakdown
-	-	humidity load	1000 hours; +40 °C; 90 - 95% R.H. nominal dissipation 1.5 h ON; 0.5 h OFF	$R \leq 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 3\% + 0.1 \Omega$ $R > 1$ M Ω ; $\Delta R/R$ max. $\pm 5\% + 0.1 \Omega$
-	-	bending test	5 mm / 90 mm	no visual damage $\Delta R/R$ max. $\pm 1\% + 0.05 \Omega$

Marking

Each resistor is marked on the top surface of the device with 3 alphanumeric digits which denote the resistance value.

For resistance values up to 91 Ω , the letter 'R' denotes the decimal point.

For resistance values of 100 Ω or greater, the first 2 digits denote the first 2 digits of the resistance value, and the third digit indicates the multiplier value.

Examples of representation

12R = 12 Ω
 471 = 470 Ω
 823 = 82 k Ω

1 to 91 Ω :R
 100 to 910 Ω :1
 1 to 9.1 k Ω :2
 100 to 91 k Ω :3
 100 to 910 k Ω :4
 1 to 9.1 M Ω :5
 10 M Ω :6

The packing for the resistors is also marked, and includes resistance value, tolerance, catalogue number, quantity, production period and code of origin.

Soldering conditions

Surface mounted resistors are tested for solderability at a temperature of 230 $^{\circ}\text{C}$ for a period of 2 seconds. The test condition for no-leaching is 255 $^{\circ}\text{C}$ for a period of 60 seconds. Typical examples of soldering processes resulting in reliable joints are shown in Figs 2, 3, and 4.

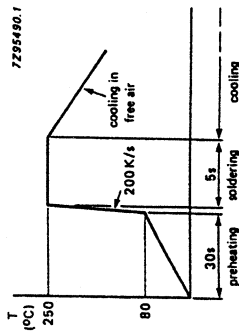


Fig. 2 Wave soldering. If necessary, the resistors may be soldered twice in accordance with this method.

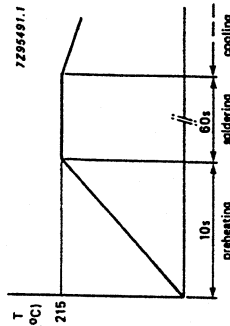


Fig. 3 Vapour phase soldering. If necessary, the resistors may be soldered twice in accordance with this method.

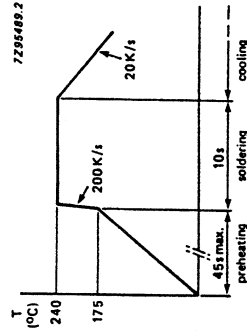


Fig. 4 Infrared soldering.

ELECTRICAL DATA

Standard values of resistance and tolerance

Standard values of nominal resistance are taken from the E24 series with a tolerance of $\pm 5\%$. The values of this series are given at the back of data handbook C13, and are in accordance with IEC publication 63.

The limiting voltage (RMS) for element and insulation is the maximum voltage that may be applied continuously to the resistor element or the insulation (see IEC publications 115-1 and 115-2). This voltage is 150 V.

The temperature coefficient is $< \pm 200 \times 10^{-6} / \text{K}$.

Table 1 Ordering codes

style	resistance range	tolerance	series	catalogue number 2322 followed by:	
				cardboard tape (4000 on reel)	bulk (1000 in bag)
style 1	1 Ω to 10 M Ω Jumper 0 Ω *	$\pm 5\%$	E24	730 50 ... 730 90001	731 30 ... 731 90001
style 2	1 Ω to 10 M Ω Jumper 0 Ω *	$\pm 5\%$	E24	730 51 ... 730 91001	731 31 ... 731 91001

The jumper has a maximum resistance $R_{\text{max}} = 50 \text{ m}\Omega$ at a rated current $I_R = 2 \text{ A}$.

COMPOSITION OF THE CATALOGUE NUMBER

To complete the catalogue number when ordering, replace the first 2 dots of the remaining code with the first 2 digits of the resistance value. The third dot is replaced by a code number indicating the multiplication factor, and is in accordance with the information listed below:

1 to 9.1 Ω : 8
 10 to 91 Ω : 9
 100 to 910 Ω : 1
 1 to 9.1 k Ω : 2
 10 to 91 k Ω : 3
 100 to 910 k Ω : 4
 1 to 9.1 M Ω : 5
 10 M Ω : 6

Example

To order resistor value 470 Ω , supplied in a bag of 1000, the ordering code is 2322 731 30471.

STANDARD FILM RESISTORS

metal film

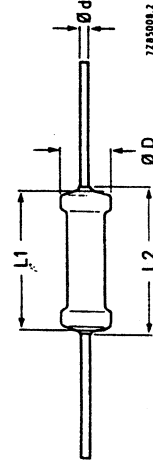
QUICK REFERENCE DATA

Resistance range	1 Ω to 10 MΩ, E24 series and jumper (zero Ω)
Resistance tolerance	± 5% and ± 2% (E24); ± 1% (E24/E96)
Temperature coefficient	$\leq 100 \cdot 10^{-6}/K$ $\leq 250 \cdot 10^{-6}/K$
Rated dissipation at $T_{amb} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ *	0.4 W
V_{max}	250 V(RMS)
Noise	
$R \leq 1 \text{ M}\Omega$	max. $0.1 \mu\text{V}/V$
$R > 1 \text{ M}\Omega$	max. $1.5 \mu\text{V}/V$
Thermal resistance	R_{th} 200 K/W
Basic specifications	IEC 115-1 and 115-2
Climatic category (IEC 68)	55/155/56
Stability after load	$\Delta R/R$ max. $1\% + 0.05 \Omega$
climatic tests	$\Delta R/R$ max. $1\% + 0.05 \Omega$
soldering	$\Delta R/R$ max. $0.25\% + 0.05 \Omega$
short time overload	$\Delta R/R$ max. $0.25\% + 0.05 \Omega$

DESCRIPTION

A homogeneous film of metal alloy is deposited on a high grade ceramic body. After a helical groove has been cut in the resistive layer, tinned connecting wires of electrolytic copper are welded to the end-caps. The resistors are coated with a light-green lacquer which provides electrical, mechanical and climatic protection. The encapsulation is resistant to all cleaning solvents according to MIL-STD-202E, method 215 and IEC 68-2-45.

MECHANICAL DATA



type	D_{max}	$L1 \text{ max}$	$L2 \text{ max}$	d
SFR25	2.5	6.5	7.0	0.55 ± 0.05

* See Fig. 4.

The length of the body is measured by inserting the leads into holes of two identical gauge plates and moving these plates parallel to each other until the resistor body is clamped without deformation (IEC publication 294). For leads of 0.6 mm diameter, the diameter of the holes in the gauge plates is 1.0 mm.

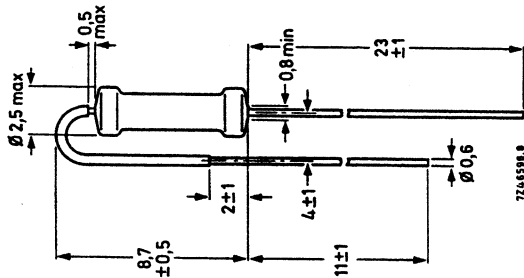


Fig. 2 "Stand-up" type SFR25A, for vertical mounting. The bent lead is partially covered with an insulating lacquer with a breakdown voltage of at least 50 V (DC); resistor shown in 'mounted' situation.

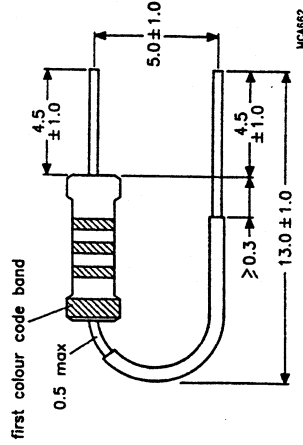


Fig. 3 SFR25AF.

Mass 25 g per 100 resistors.

Mounting

The resistors are suitable for processing on automatic insertion equipment and cutting and bending machines. The minimum pitch is 4e (10.2 mm). The "stand-up" type, SFR25A, can be inserted into holes with a pitch of 1e. The types SFR25AS and SFR25AF can be inserted into holes with a pitch of 2e. For temperature rise at soldering point, see Fig. 7.

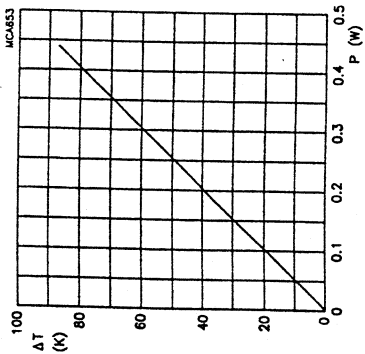


Fig. 6 Hot-spot temperature rise (ΔT) as a function of dissipated power.

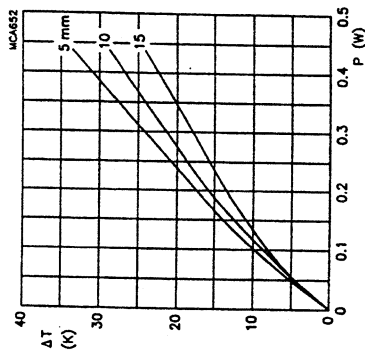


Fig. 7 Temperature rise (ΔT) at the end of the lead (soldering point) as a function of dissipated power, at various lead lengths after mounting.

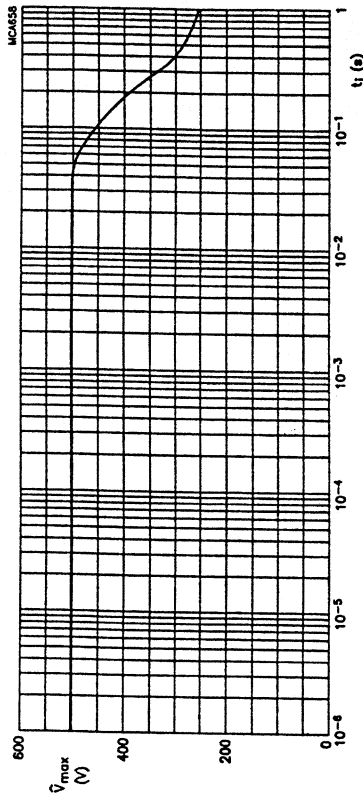


Fig. 9 Maximum permissible peak pulse voltage versus pulse duration.

TESTS AND REQUIREMENTS

Essentially all tests are carried out according to the schedule of IEC publication 115-1, category 55/155/56 (rated temperature range -55 to $+155$ °C; damp heat, long term, 56 days) and along the lines of IEC publication 68, "Recommended basic climatic and mechanical robustness testing procedure for electronic components". In the following table the tests are listed with reference to the relevant clauses of IEC publications 115-1 and 68; a short description is also given of the test procedure and requirements. In some instances deviations from the IEC recommendation were necessary for our method of specifying.

Table 4

IEC 115-1 clause	IEC 68 test method	test	procedure	requirements
4.16		Robustness of terminations		
4.16.2	Ua	Tensile all samples	ϕ 0.6 mm; load 10N; 10 s	number of failures < 10 ppm
4.16.3	Ub	Bending half number of samples	ϕ 0.6 mm; load 5N; 4 x 90°	
4.16.4	Uc	Torsion other half of samples	3 x 360° in opposite directions	
4.17	Ta	Soldering	solderability: 2 s 235 °C, flux 600	no damage ΔR max. 0.25% + 0.05 Ω
4.18	Tb		thermal shock: 3 s 350 °C, 6 mm from body	good tinning, no damage ΔR max. 0.25% + 0.05 Ω

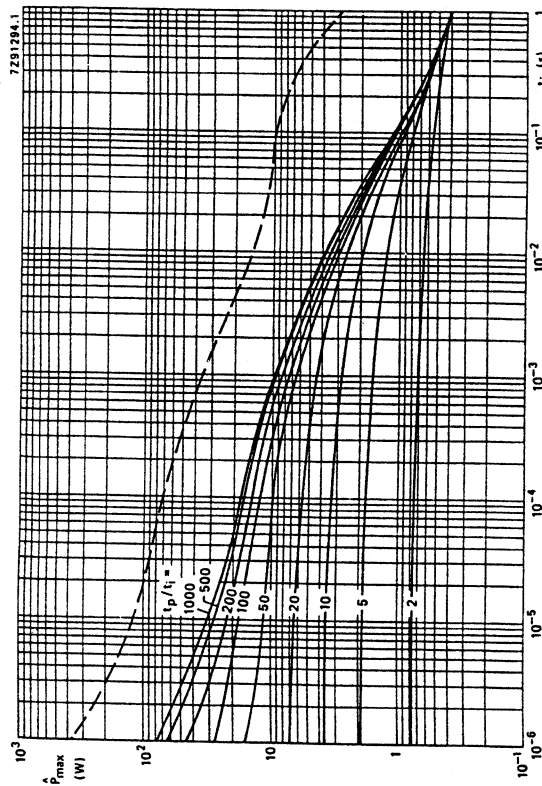


Fig. 8 Maximum permissible peak pulse power as a function of pulse duration.

IEC 115-1 clause	IEC 68 test method	test	procedure	requirements
4.19	Na	Rapid change of temperature	$\frac{1}{2}$ h -55 °C/ $\frac{1}{2}$ h + 155 °C 5 cycles	ΔR max. $0.25\% + 0.05 \Omega$
4.22	Fc	Vibration	frequency 10-500 Hz, displacement 1.5 mm or acceleration 10g, three directions; total 6 h (3 x 2 h)	no damage ΔR max. $0.25\% + 0.05 \Omega$
4.20	Eb	Bump	3 x 1500 bumps in three directions, 40g	no damage ΔR max. $0.25\% + 0.05 \Omega$
4.23		Climatic sequence		
4.23.2	Ba	Dry heat	16 h, 155 °C	
4.23.3	D	Damp heat (accell)	24 h; 55 °C; 95-100% R.H. 2 h; -55 °C	
4.23.4	Aa	Cold	2 h; 8.5 kPa; 15-35 °C	
4.23.5	M	Low air pressure	5 days; 55 °C; 95-100% R.H.	R_{ins} min. 1000 M Ω ΔR max. 1% + 0.05 Ω
4.23.6	D	Damp heat (accell) remaining cycles		
4.24.2	Ca	Damp heat steady state	56 days; 40 °C; 90-95% R.H. dissipation 0.01 P_n	R_{ins} min. 1000 M Ω ΔR max. 1% + 0.05 Ω
4.25.1	-	Endurance	1000 hours; 70 °C nominal dissipation or V_{max}	ΔR max. 1% + 0.05 Ω
4.8.4.2	-	Temperature coefficient	between -55 °C and + 155 °C	$R \leq 1$ M Ω : $\leq 100 \cdot 10^{-6}/K$ $R > 1$ M Ω : $\leq 250 \cdot 10^{-6}/K$
4.7	-	Voltage proof on insulation	600 V (RMS) during 1 min., V-block method	no breakdown
4.12	-	Noise	IEC publication 195	$R \leq 1$ M Ω : max. 0.1 $\mu V/V$ $R > 1$ M Ω : max. 1.5 $\mu V/V$ min. 10^4 M Ω
4.6.1.1	-	Insulation resistance	600 V (RMS) during 1 min., V-block method	ΔR max. $0.25\% + 0.05 \Omega$
4.13	-	Short time overload	Room temperature, dissipation 6.25 P_n (voltage not more than 2 x limiting voltage), 10 cycles 5 s on, 45 s off	
See 2nd amendment to IEC 115-1, Jan. 87		Pulse load		see Figs 8 and 9

PACKING

Resistors with axial leads are supplied on bandolier in ammopack or on reel; those with radial leads are either loose in a cardboard box or, with bent leads, on a bandolier in ammopack. See General section for details.

type	quantity per box		
	on bandolier ammopack	bulk loose	bandolier on reel
SFR25	1000/2000/5000	-	5000
SFR25A	-	1000	-
SFR25AS	-	-	4000

Dimensions of bandolier

type	a ± 0.5	A	B1-B2 \pm max.	S (spacing)	T (max. deviation of spacing)
SFR25	6	52.5 ± 1.5	1.2	5	1 mm per 10 spacings
SFR25	6	$26 + 1.5 - 0$	1.0	5	0.5 mm per 5 spacings

Dimensions of ammopack

	M	N	P
1000 resistors	82	28	262
2000 resistors	50	50	255
5000 resistors	78	98	270

Dimensions of reel

type	quantity	Q	V
SFR25	5000	305	75
SFR25AS	4000	356	40

Marking

The nominal resistance and the tolerance are marked on the resistors by four or five coloured bands according to IEC publication 62 "Colour code for fixed resistors". See also General Section.

ELECTRICAL DATA

Standard values of rated resistance and tolerance

Standard values of rated resistance (nominal resistance) are taken from the E24 series within the range 1 Ω to 10 MΩ. E24 series of values is given in the table "Standard series of values in a decade" at the back of the handbook. The tolerance on the rated resistance is ±5%, ±2% or ±1%.

The limiting voltage (RMS) for resistor element and insulation is the maximum voltage that may be applied continuously to the resistor element or the insulation. See IEC publications 115-1 and 115-2. This voltage is 250 V. The maximum permissible hot-spot temperature is 155 °C.

type	packing	quantity	resistance range	tolerance ± %	catalogue number
SFR25* 52 mm bandolier	ammopack	1000	1 Ω to 10 MΩ	5	2322 181 53 ...
		5000		5	2322 181 43 ...
	1000	2		2322 181 54 ...	
	5000	2		2322 181 44 ...	
	5000	5		2322 181 63 ...	
on reel	5000	2	2322 181 64 ...		
	2000	5	2322 181 03 ...		
SFR25 26 mm bandolier	ammopack	2000	1 Ω to 10 MΩ	2	2322 181 04 ...
SFR25A "stand-up"	in box (loose)	1000	1 Ω to 10 MΩ	5	2322 181 33 ...
		1000		2	2322 181 34 ...
SFR25AF	in box (loose)	4000	1 Ω to 10 MΩ	5	2322 184 13 ...
SFR25AS radial taped	in box on reel	2000	1 Ω to 10 MΩ	5	2322 184 33 ...
		4000		5	2322 184 43 ...
SFR25 52 mm bandolier	ammopack on reel	1000	1 Ω to 10 MΩ	1	2322 188 1 ...
		5000		1	2322 188 2 ...
		5000		1	2322 188 3 ...

COMPOSITION OF THE CATALOGUE NUMBER

The catalogue number in the above table is completed by inserting the resistance code: the first two figures (for 1% tolerance, the first three figures) of the resistance (in Ω) followed by:

- 8 for R = 1 to 9.76 Ω
- 9 for R = 10 to 97.6 Ω
- 1 for R = 100 to 976 Ω
- 2 for R = 1 to 9.76 kΩ
- 3 for R = 10 to 97.6 kΩ
- 4 for R = 100 to 976 kΩ
- 5 for R = 1 to 9.76 MΩ
- 6 for R = 10 MΩ

Example

The catalogue number of a resistor SFR25 of 5600 Ω ± 5%, taped on a bandolier of 1000 items, supplied in ammopack, is 2322 181 53562.

* A jumper (zero Ω resistor, max. 10 mA at 5 A) is available:
1000 items on bandolier in ammopack, catalogue number 2322 181 90018
5000 items on bandolier in ammopack, catalogue number 2322 181 90019

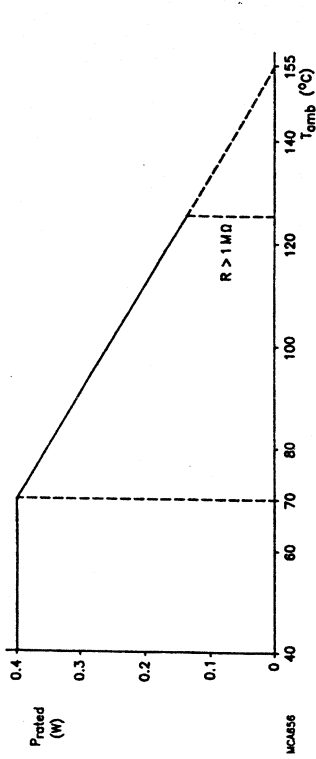
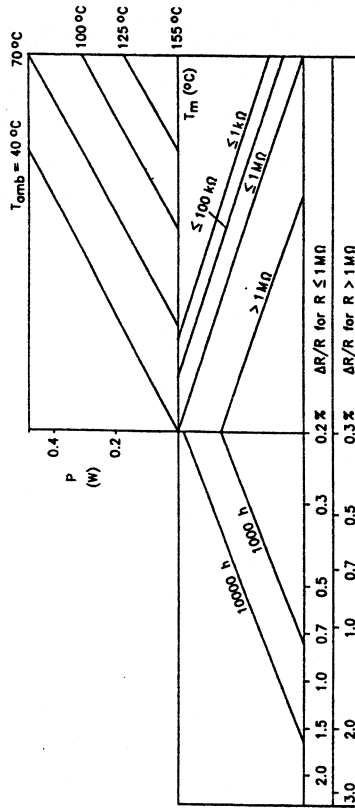


Fig.4 Maximum dissipation (P_{max}) as a function of ambient temperature (T_{amb}).



MC4861

Fig.5 Drift nomogram.

Radial leads

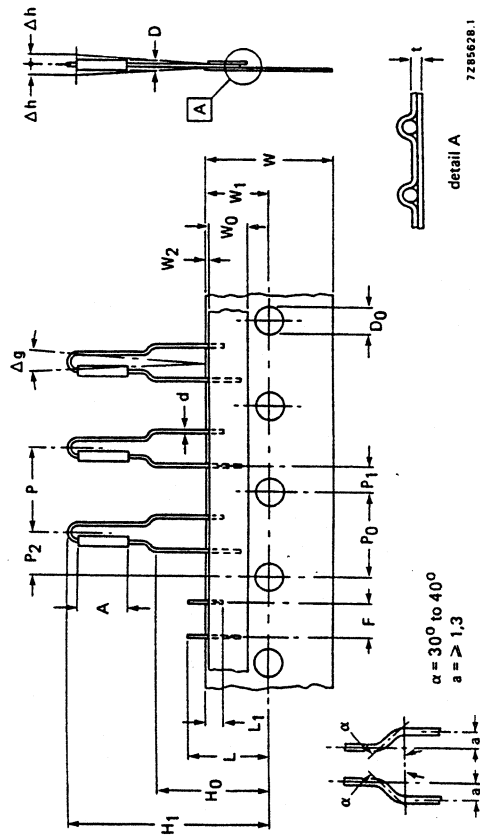


Fig.10 Bandolier for types with radial leads, SFR25AS (Euroform).

Body diameter	D	max.	2.50
Body length	A	max.	7.00
Lead wire diameter	d		0.60 + 0.06 - 0.05
Pitch of components	P		12.7 ± 1.0
Feed hole pitch	P ₀		12.7 ± 0.2
Cumulative pitch error	P ₁		1.0 per 20 spacings
Feed hole centre to lead at top side at the tape	P ₂		3.85 ± 0.5
Feed hole centre to body centre	F		6.35 ± 1.0
Lead to lead distance	Δh		4.8 - 5.5
Component alignment	Δg		0 ± 1.2
Component alignment	W		0 ± 3°
Tape width	W ₀	min.	18.0 ± 0.5
Hold down tape width	W ₁		5.5
Hole position	W ₂	max.	9.0 ± 0.5
Hold down tape position	H ₀		0.5
Lead wire clinch height	H ₁		16.5 ± 0.5
Component height	D ₀		19.5 to 32
Feed hole diameter	t		4.0 ± 0.2
Total tape thickness	L	max.	0.4 - 0.9
Length of snipped lead	L ₁	min.	11.0
Lead wire (tape portion) shortest lead			2.5

Extraction force for components in the tape plane, vertically to the direction of unreeling: ≥ 5N.

Bandoliers may be supplied concentrated in a cardboard box ("ammopack").

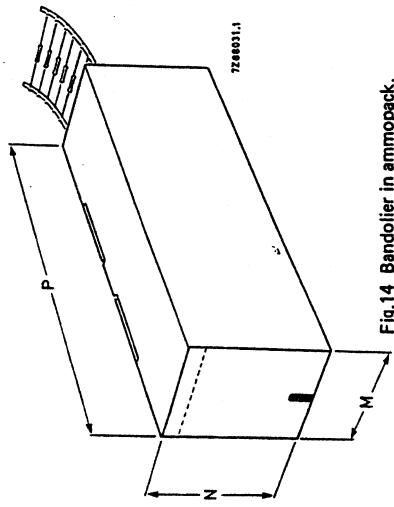
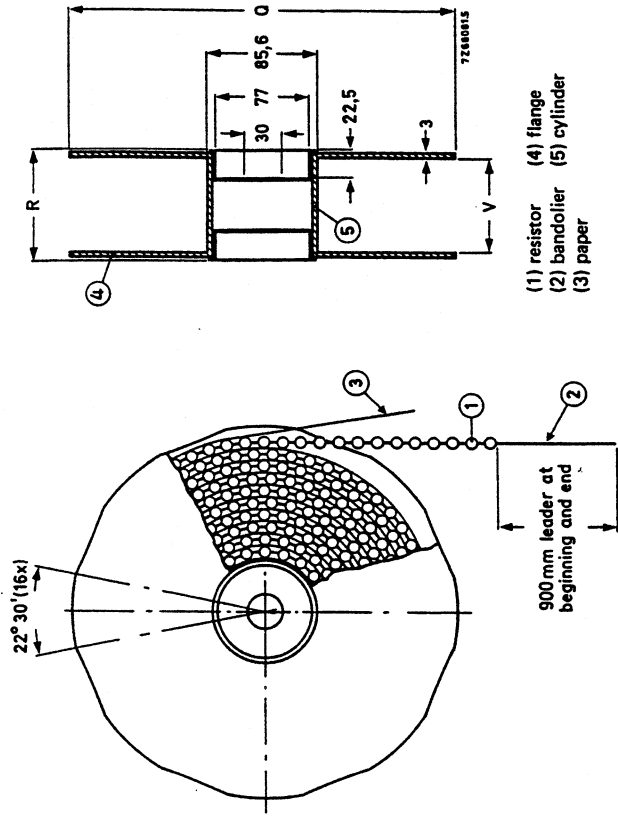


Fig.14 Bandolier in ammpack.

"Ampopack" is an abbreviation of "ammunition packing". The dimensions vary per type and quantity.



(1) resistor (4) flange
(2) bandolier (5) cylinder
(3) paper

Fig.15 Bandolier on reel.

Bandoliers can be reeled; dimensions O and V differ per type.

Waarden van condensatoren

$$1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ farad} = 0,000.000.000.001 \text{ F}$$

$$1 \text{ nF} = 10^{-9} \text{ farad} = 0,000.000.001 \text{ F}$$

$$1 \text{ }\mu\text{F} = 10^{-6} \text{ farad} = 0,000.001 \text{ F}$$

$$1 \text{ mF} = 10^{-3} \text{ farad} = 0,001 \text{ F}$$

HERKENNING VAN WAARDEN OP CONDENSATOREN

Op zeer kleine condensatoren (b.v. keramische-, multilayer- en smd condensatoren) staat in verband met de afmetingen vaak een code in plaats van de volledige waarde aanduiding. Deze code leest u als volgt:

- 1e cijfer = 1e getal van de waarde aanduiding
- 2e cijfer = 2e getal van de waarde aanduiding
- 3e cijfer = vermenigvuldigingsfaktor (aantal nullen)
- 4e cijfer = tolerantie stabiliteit (niet altijd aanwezig)

Voorbeeld:

- 103 = 10.000 pF of 10 nF
- 223 = 22.000 pF of 22 nF
- 331 = 330 pF

Tolerantieletter:

- J = $\pm 5\%$
- K = $\pm 10\%$
- M = $\pm 20\%$
- Z = -20 tot +80%

Kleurstreep:

Rood/Violet	= $100 \times 10^{-6}/K$
Zwart	= NPO ($0 \times 10^{-6}/K$)
Oranje	= N150 ($150 \times 10^{-6}/K$)
Violet	= N750 ($750 \times 10^{-6}/K$)
Oranje/Oranje	= N1500 ($1500 \times 10^{-6}/K$)

Condensatoren

Range

Condensatoren treft men aan in een uitzonderlijk grote range. De kleinste praktische waarde is 1 pF, de grootste 0,1 F. Dat is een verhouding van 1 op 100 miljard. Dit kan alleen omdat er voor kleine en grote waarden condensatoren geheel verschillende konstruktiewijzen worden toegepast.

Kleinere waarden dan 1 pF vindt men wel, maar er moet dan goed bij de verwerking worden opgelet. Twee geïsoleerde draadjes die over 1 cm vlak langs elkaar lopen vormen al een capaciteit van ongeveer 1 pF. Bij condensatoren onder 1 pF is dus de capaciteit van de aansluitdraadjes zeker niet meer te verwaarlozen.

Condensatoren met een grote waarde in zijn soort, zijn ook groot van afmetingen. Een C van 0,1 F heeft de afmetingen van een soepblikje. Heeft men nog grotere waarden nodig dan kan men die vormen door condensatoren parallel te zetten.

Er bestaan z.g. gold-caps. Dit zijn chemisch werkende cellen die zich gedragen als een condensator van b.v. 1 F. Zij kunnen alleen met kleine stromen wordt geladen en ontladen. Ze worden gebruikt als tijdelijke stroomvoorziening om b.v. het klokje van een schootcomputer te laten doorlopen terwijl de batterijen (niet te lang) verwisseld worden.

Opladbare batterijen zijn wezenlijk andere dingen. Bij een condensator stijgt en daalt de spanning lineair bij laden en ontladen met een constante stroom. Bij batterijen is de celspanning chemisch bepaald, zij hebben een vrijwel constante spanning tijdens laden en ontladen.

Wetmatigheden

Wanneer we een constante stroom (stroombron) door een condensator sturen, stijgt of daalt de spanning monotoon. De spanningsstijging per seconde is:

$$\Delta U = \frac{I}{C}$$

waarbij ΔU in volt/sec,
I in ampère
en C in farad.

Veel belangrijker is het gedrag van een condensator voor sinusvormige wisselspanningen.

Kijken we alleen naar de effectieve waarden van spanning en stroom dan gedraagt de condensator zich volgens de wet van ohm met een schijnbare weerstand of reactantie:

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

waarbij X_C in ohm,
f in herz
en C in farad.

Voor lage frequenties is de reactantie hoog, voor hoge frequenties laag.

Spanning en stroom zijn niet in fase. Bij een condensator ijlt de spanning over de condensator 90° na ten opzichte van de stroom die door de condensator loopt.

Waardereeksen

Condensatoren volgen dezelfde reeksen als weerstanden. Ook hier zijn de stapjes kleiner naarmate de nauwkeurigheid van het type groter is.

Nauwkeurigheid

Keramische en kunststof condensatoren hebben een tolerantie van 1% tot 10%, afhankelijk van de constructie. De waarde kan vrij sterk afhankelijk zijn van de temperatuur. De fabrikant geeft aan in hoeverre dit het geval is voor een bepaald type. De temperatuurscoëfficiënt kan positief zijn (hogere temperatuur veroorzaakt een hogere waarde), nul, of negatief.

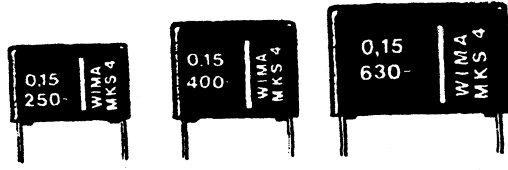
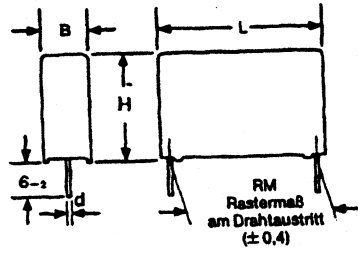
De echte waarde van electrolytische condensatoren kan sterk afwijken van de opgegeven waarde. Een gangbare opgegeven tolerantie is -10% +50%. In de praktijk is dit niet hinderlijk, omdat men bij de toepassing van elco's meestal alleen geïnteresseerd is in een gegarandeerde minimale capaciteit.

Konstruktie

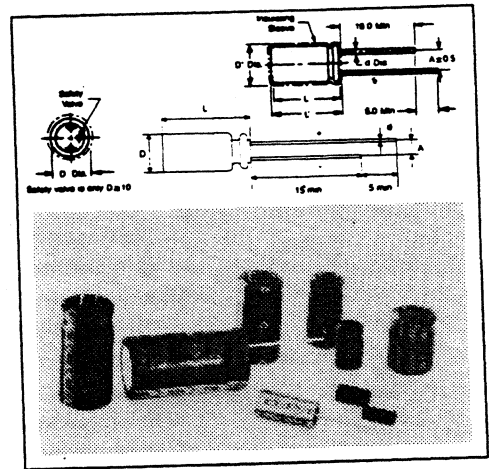
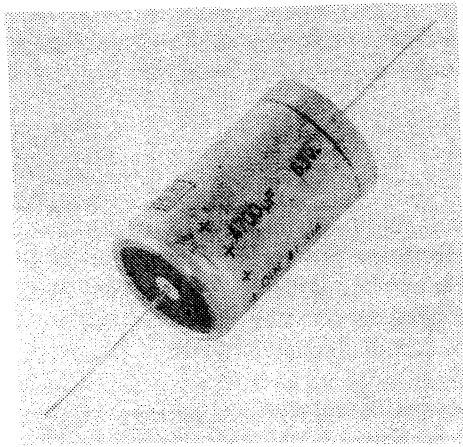
Condensatoren kennen we in verschillende typen. Elk type kent zijn eigen range.

- Keramisch:

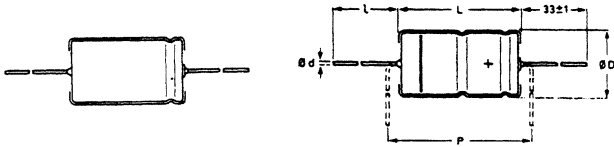
Dit type bestaat uit een dun keramisch plaatje, vierkant of rond, waarop aan weerszijden een geleidende laag is aangebracht. Op deze laag zijn de aansluitdraden gesoldeerd. Door de afmetingen, de dikte en het soort keramiek te variëren, kunnen condensatoren van dit type worden gemaakt van 1 pF tot 22 nF. In de waarden tussen 1 en 500 pF zijn verschillende temperatuurscoëfficiënten beschikbaar, zowel positief als negatief en nul. Daarboven is men al blij de capaciteit te kunnen halen. De reeks: 1nF, 2n2, 4n7, 10nF, 22nF zegt iets over de toleranties in dit eindgebied. Zie documentatiebladen "ceramic capacitors"



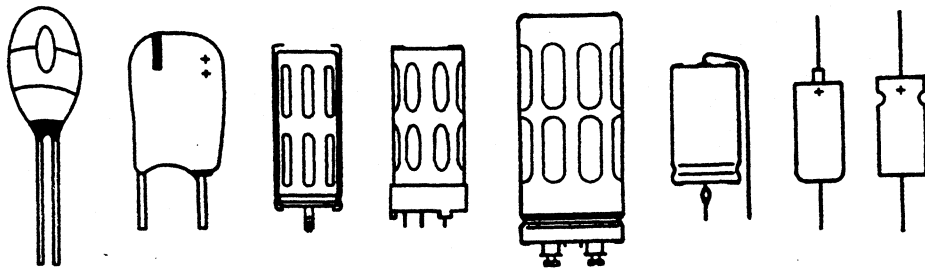
2.1 Wickelcondensator in kunststof gegoten



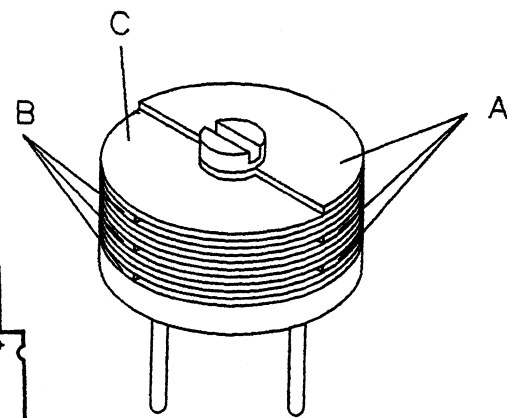
2.2b Electrolytische condensator (staandmodel)



2.2a Electrolytische condensator (liggend model)



2.2c Electrolytische condensatoren voor gebruik bij lage frequentie



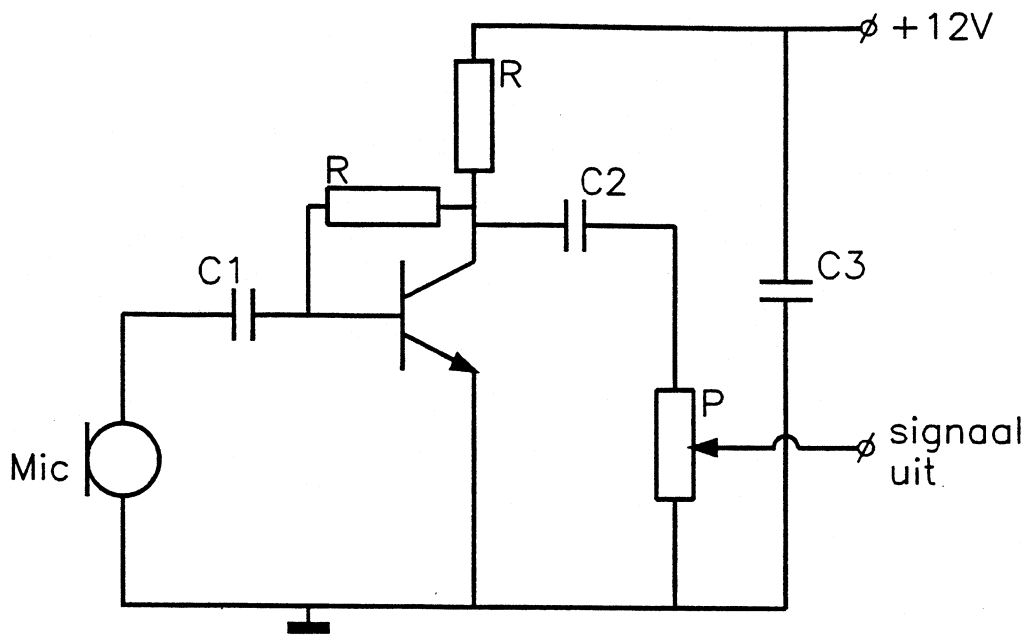
2.3 Trimmer
 Afmetingen $\varnothing 10 \times 10\text{mm}$
 De mtalen plaatjes A zijn draaibaar en geïsoleerd t.o.v. de plaatjes B. Plaatjes C bewerkstelligen de isolatie.

- Kunststof wikkel-C:
Bij dit type zijn twee stroken kunststof folie (polyester), met daarop een geleidende laag, op elkaar gelegd en opgerold. Op deze manier worden condensatoren gemaakt in de range 1 nF tot 5 μ F, met een tolerantie van 5% tot 10%. Er zijn ook typen met polystyreen als folie, met een tolerantie van 1%. Zij zijn er in waarden van 100 pF tot 50 nF en ze zijn veel groter en duurder dan overeenkomstige keramische of polyester C's. Figuur 2.1 geeft een afbeelding van een drietal nikkelcondensatoren.
- Electrolytische condensatoren:
Dit type bestaat uit twee aluminium folies. Eén daarvan is door etsen poreus gemaakt. Beide folies worden met daartussen niet geleidende poreuze folies opgerold en gedrenkt in een electrolytische vloeistof. Door het sturen van een gelijkstroom door deze electrolytische cel vormt zich op de + elektrode, dat is de poreuze, een heel dun isolerend laagje aluminium oxyde. Na verloop van tijd houdt de stroom daardoor vanzelf op. Dit proces heet "het formeren" en wordt in de fabriek gedaan. Door het etsen is het oppervlak van de positieve elektrode sterk vergroot, vele vierkante meters voor een gemiddeld exemplaar. Omdat het oxyde huidje extreem dun is kan op deze manier een zeer grote capaciteit in een klein huisje worden ondergebracht.
De range loopt van 0,5 μ F tot 100 mF (zie figuur 2.2a)
- Variabele condensatoren:
In de range 5 tot 500 pF zijn er condensatoren verkrijgbaar waarvan de waarde kan worden veranderd. Zij bestaan uit een pakketje metalen half cirkelvormige plaatjes op een as, die tussen een pakketje vaste platen kan worden gedraaid. Zo kan de capaciteit bijvoorbeeld van 6 tot 60 pF worden gevarieerd. Dunne kunststof schijfjes voorkomen dat de draai-bare en de vaste platen contact maken met elkaar. De kleine typen worden ingesteld met een schroevendraaiertje. Ze heten trimmers (zie figuur 2.3)

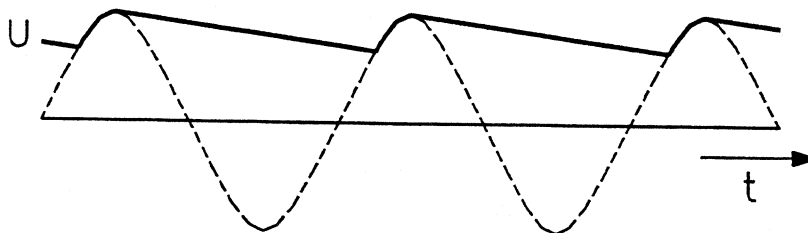
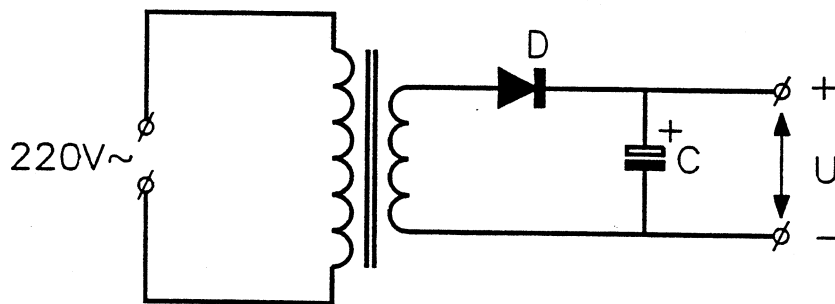
Beperkingen

- Spanning:
Als de spanning op een condensator te hoog wordt, slaan de electronen door de isolatielaag heen. Meestal vormt zich daarbij een geleidend bruggetje, waardoor het onderdeel onbruikbaar is geworden. De fabrikant geeft een maximale waarde van de spanning op, maar is nogal eens optimistisch. Het is daarom verstandig niet vlak bij de opgegeven maximale spanning te gaan zitten.

Keramische en kunststof C's hebben een maximale spanning van 100 tot 400 volt. Electrolyten zijn er met een werkspanning van 6 volt tot 400 volt. Hoe lager de werkspanning hoe kleiner de afmetingen.
- Verliezen:
In principe worden condensatoren niet warm, er gaat geen energie verloren bij het opladen en ontladen. Daarbij wordt echter het diëlectricum meer en minder gepolariseerd, waardoor toch een heel klein beetje vermogen verloren gaat en omgezet wordt in warmte. Bij een hoge frequentie en een hoge wisselspanning over de condensator kan het onderdeel daardoor ontoelaatbaar warm worden.



- 2.4 Koppelcondensator C1 koppelt de wisselspanningen van de microfoon naar de transistor op een punt waar gelijkspanning staat. Zo loopt er geen gelijkstroom door de microfoon. Koppelcondensator C2 koppelt de versterkte wisselspanningen naar de potentiometer (volumeinstelling). Door de potmeter loopt er zo geen gelijkstroom. Waarde van C1 en C2: "groot genoeg". Condensator C3 ontkoppelt de voedingsspanning, zodat er geen storende wisselspanningen op de +12V optreden. Waarde C3: "groot genoeg".



- 2.5 Reservoircondensator C, hier een elco, voedt de aangesloten schakeling gedurende de negatieve perioden van de wisselspanning uit de transformator.

- Polariteit:
Electrolytische condensatoren mogen niet in verkeerde polariteit worden aangesloten. In dat geval wordt de oxidelaag op de geëtste electrode afgebroken en er vormt zich een veel minder effectieve oxidelaag op de andere electrode. Tevens bestaat het gevaar dat ze ploffen.

Ook bij lang ongebruikt liggen degradeert de oxidelaag op de positieve electrode. Bij hernieuwd aansluiten loopt er eerst enige tijd gelijkstroom door de condensator, waardoor de oxidelaag weer gevormd wordt (herformeren).

Gebruik

- Koppelcondensator:
Wanneer in een schakeling een wisselspanning moet worden gebracht op een punt waar een gelijkspanning staat, wordt daartoe een condensator als koppellement gebruikt. Deze geeft wel de spanningsveranderingen door maar niet de konstante gelijkspanning. De X_c van de condensator moet daarbij laag zijn ten opzichte van de ingangsweerstand van dat punt van de schakeling. Alleen dan is de wisselspanning daar gelijk aan de toegevoerde wisselspanning. De voldoende lage waarde van X_c moet gelden voor de laagst voorkomende frequentie in het ingangssignaal. Voor hogere frequenties is X_c automatisch lager (zie figuur 2.4)
- Ontkoppeling:
In schakelingen zijn punten aan te wijzen waar men wel een gelijkspanning wil hebben, maar deze spanning mag niet variëren tijdens het bedrijf. Denk hierbij maar eens aan de gezamenlijke voedingsspanning, waaruit verschillende delen van de schakeling hun energie betrekken. Men past dan een condensator toe als een soort buffervat. Belangrijk is alleen een "voldoend grote" capaciteit (zie figuur 2.4)
- Reservoir:
Een extreem geval van ontkoppeling is de reservoircondensator in voedingen. Deze condensator met hoge capaciteit wordt door de gelijkgerichte wisselspanning stootsgewijs bijgeladen en levert in de tussenliggende tijd de benodigde voedingsenergie (zie figuur 2.5 en hfst.5 "dioden")
- Lineair oplopende spanningen:
Soms heeft men een lineair oplopende spanning nodig. Wij komen dat bijvoorbeeld tegen bij de A/D (Analoog/Digitaal) omzetter. Zo'n spanning wordt vrijwel altijd verkregen door een condensator op te laden met een constante stroom. De spanning die dan op de condensator ontstaat loopt lineair op als functie van de tijd.
- In afgestemde kringen:
Deze komen verderop ter sprake. Soms wordt hier een trimmer toegepast om de resonantiefrequentie op de juiste waarde af te regelen.

Jargon

Condensatoren worden met C aangeduid, "een ceetje" in het spraakgebruik. Ook hier wordt de grootte aanduiding als komma gebruikt, dus 4p7, 8n2 en $1\mu 5$. Merkwaardig is het op te merken dat, omdat waarden groter dan enige μF lange tijd niet mogelijk waren, een C van 10 mF (10 millifarad) meestal nog wordt aangeduid met 10.000 μ .

Een andere merkwaardigheid is dat de 'eenheid' pF zo is ingeburgerd, dat men ook spreekt van kpF als men nF bedoelt. Een C'tje van 10k is dus 10 nF. Dit treft men zelfs aan als opschrift op sommige merken condensatoren!

Electrolytische condensatoren heten vaak "elco".

Kosten

Keramische condensatortjes kosten 4 cent.

Kleine elco's tot 470 μ F 16V kosten 10 cent.

Reservoir elco's voor voedingen kosten één tot enkele gulden.

Trimmers kosten ongeveer 20 cent.

Documentatiebladen

Op de volgende pagina's zijn de documentatiebladen afgedrukt van enige soorten condensatoren. Het aantal pagina's documentatie per type kan zeer groot zijn. Niet alles is hier dan afgedrukt. Van alle typen condensatoren is van dit soort documentatie in omloop. Aan de paginanummers is te zien welke bladen er bij elkaar horen.

Merk op:

- dat van een bepaald type de range beperkt is,
- dat de range van elektrolytische condensatoren wel heel groot is,
- dat het bij elco's blijktbaar zo is dat de grootte lineair afhangt van de capaciteit en ook van de werkspanning, zodat C maal V de grootte bepaalt.

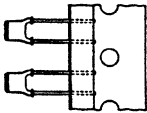
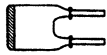
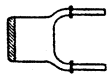
2222 629
2222 630
2222 640

2222 629
2222 630
2222 640

MINIATURE CERAMIC PLATE CAPACITORS

class 2

- General purpose
- Coupling and decoupling
- Space saving



MECHANICAL DATA

Outlines

Dimensions in mm

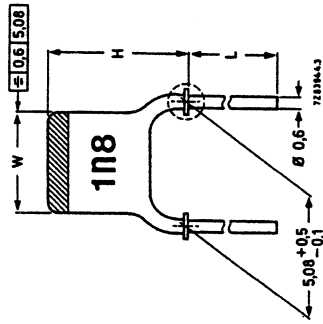


Fig. 1.

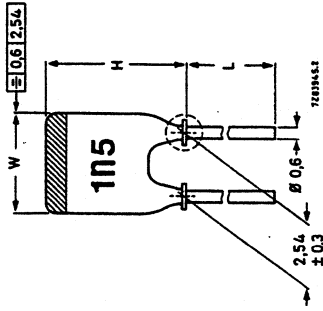
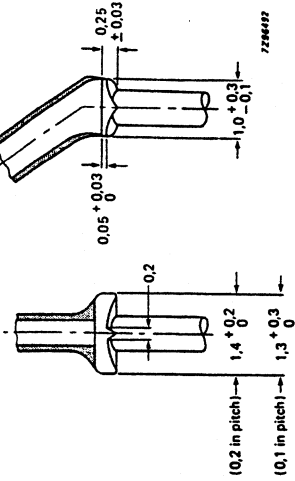


Fig. 2.



DETAIL

For dimensions H and W see Table 2.
The lead length (L) is shown in Table 1 for bulk packed capacitors; for taped capacitors it can be found in section "Packing" of "General Data on Miniature ceramic plate capacitors".

QUICK REFERENCE DATA

Capacitance range	2222 629-series	2222 630-series	2222 640-series
	1000-22000 pF	180-4700 pF	1000-10000 pF
	E3 series	E12 series	E6 series
Rated d.c. voltage	63 V	100 V	100 V
Tolerance on capacitance	-20/+ 80%	± 10%	-20/+ 50%
Sectional specification	IEC 384-9	IEC 384-9 (2C2)	IEC 384-9 (2E2)
Climatic category (IEC 68)	10/055/21	55/085/21	55/085/21

APPLICATION

Electronic circuits where a non-linear change of capacitance with temperature is permissible and very low losses are not essential, e.g. coupling and decoupling. Because of their small size and their availability with a pitch of 2,54 mm over the whole range, the capacitors are ideal for circuitry with a high component density.

DESCRIPTION

The capacitors consist of a thin rectangular ceramic plate, both sides of which are metallized. The tinned connecting leads are secured with a high melting point solder. The leads are provided with a flange the guarantees leads without lacquer, making these capacitors perfectly suited for automatic insertion.

The capacitors are protected by several layers of tan lacquer that ensures a good behaviour under humid conditions and is resistant to all commonly used cleaning solvents. No silver migration can occur.

Table 1

pitch	lead diam	Fig.	catalogue number *		
			bulk packed	on tape on reel	on tape in ammpack
5,08 mm (0,2 in)	0,6 mm (0,024 in)	1	L ≥ 13 mm	L = 4 ± 0,5 mm	
			2222 629 09 ...	2222 629 19 ...	2222 629 53 ...
			2222 630 09 ...	2222 630 19 ...	2222 630 53 ...
2,54 mm (0,1 in)	0,6 mm (0,024 in)	2	2222 640 09 ...	2222 640 19 ...	2222 640 53 ...
			2222 629 08 ...	2222 629 18 ...	2222 629 51 ...
			2222 630 08 ...	2222 630 18 ...	2222 630 51 ...
			2222 640 08 ...	2222 640 18 ...	2222 640 51 ...

* 3 dots to be replaced by code for capacitance value, see Tables 3, 4 and 5.

3. EQUIVALENT CIRCUIT

Figure 3 shows the equivalent circuit of a capacitor.

C is the capacitance between the two electrodes, plus the stray capacitances at the edges and between the leads.

R_p is the insulation resistance of insulation and dielectric. Generally R_p is very high, and of decreasing importance with increasing frequency.

R_p also represents the polarization losses of the dielectric material in an alternating electric field.

R_s is the losses in the leads, the electrodes and the contacts. Up to several hundreds of MHz the current penetration depth is greater than the conductor thickness so that no skin-effect occurs.

For ceramic capacitors R_s is extremely low.

L is the inductance of the leads and the internal inductance of the capacitor; the latter, however, is almost negligible.

The inductance is only important in high frequency applications, since the capacitor will act as an inductance when the frequency is higher than its resonance frequency.

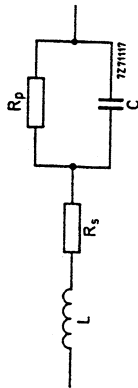


Fig. 3.

4. TANGENT OF THE LOSS ANGLE

The losses of a capacitor are expressed in terms of tan δ which is the relationship between the resistive and reactive parts of the impedance, specified as follows:

$$\tan \delta = \frac{R}{X} = \frac{R_p + R_s (1 + (\omega CR_p)^2)}{\omega CR_p^2 - \omega L (1 + (\omega CR_p)^2)}$$

From this formula, tan δ can be derived for different frequency ranges as shown diagrammatically in the graph of Fig. 4.

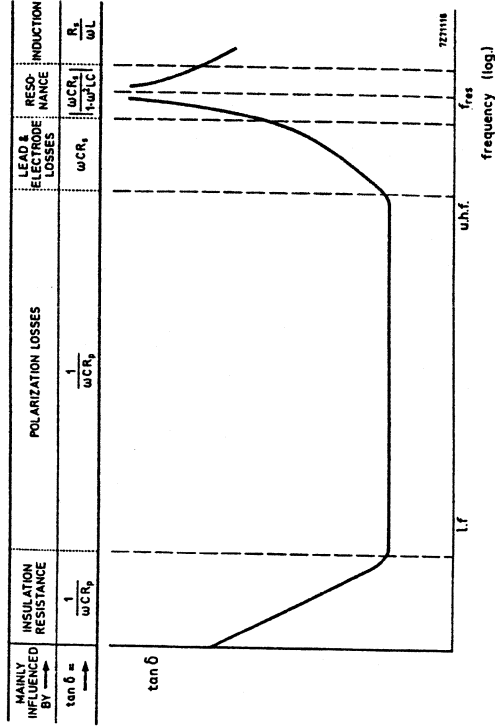


Fig. 4.

5. RELIABILITY

The failure rates shown below have a confidence level of 60% and refer to observations of plate capacitors up to and including 1984.

number of component hours	failure rate	
	catastrophic	degradation
17 290 000	6 FIT	42 FIT
		field result
		< 0,2 FIT

Notes

1 FIT = 1 failure rate within 10⁹ component hours.

Catastrophic and degradation failure rates are given under normalized conditions, i.e. at ½ x rated voltage (d.c.) and T_{amb} = 40 °C.

Catastrophic failures include capacitance, tan δ and insulation resistance values, which do not meet the requirements after endurance test.

Degradation failures include capacitance, tan δ and insulation resistance values, which are between initial values as given in the data sheet, and the requirements after endurance test.

The determination of failure rates is based on the rated conditions as stated in MIL-HDBK-217D. All the test results should be interpreted as results under rated conditions even if the temperature and voltage exceed the rated values.

The field result value has been obtained from measurements in applications with very low environmental stress, at ½ x rated voltage (d.c.), continuous operation, and equipment temperature between 10 and 55 °C.

Miniature ceramic plate capacitors, class 2

2222 629
2222 630
2222 640

Table 2

size	W(mm)	H(mm)		approx. mass g
		Fig. 1	Fig. 2	
I	3,6(-1,1)	6,3(-1,8)	5,0(-1,5)	0,14
IIA	3,9(-1,2)	6,7(-1,8)	5,3(-1,5)	0,15
IIB	4,5(-1,2)	7,3(-1,8)	6,0(-1,5)	0,15
III	5,1(-0,9)	7,9(-1,7)	6,6(-1,4)	0,17
IV	6,2(-1,0)	9,0(-1,7)	7,7(-1,4)	0,20

Note: Tolerances are given between brackets.

The thickness of the capacitors does not exceed 2,3 mm (0,08 in), except for one type as is indicated in Table 4.

Marking

The body of the capacitors is tan coloured. The capacitors also have a colour mark on top indicating the temperature dependence of the capacitance; green for type 2222 629, yellow for type 2222 630, and blue for type 2222 640. The capacitance values indicated on the body by figures according to Tables 3, 4 and 5 in a contrasting colour.

Mounting

When bending and cutting or flattening the leads, one should relieve them of the applied load at the capacitor body.

Soldering conditions max. 270 °C, max. 10 s

The capacitors are mounted on printed-wiring boards (hand mounting or automatic insertion). Due to the flange on the leads solder connections are free from lacquer. The flange is provided with a degassing groove.

PACKING

See "General Data on Miniature ceramic plate capacitors", section "Packing".

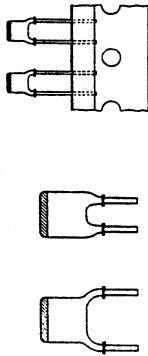
2222 683;
2222 688; 689 →

2222 683;
2222 688; 689

MINIATURE CERAMIC PLATE CAPACITORS

class 1

- High-frequency circuits
- Temperature compensating
- High stability
- Space saving



MECHANICAL DATA

Outlines

Dimensions in mm

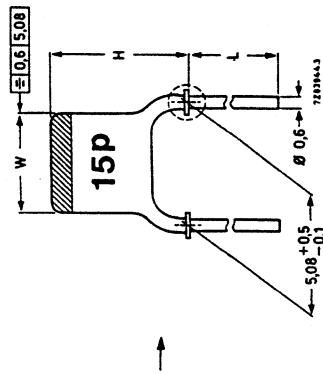


Fig. 1.

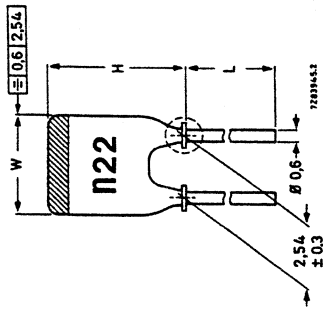


Fig. 2.

QUICK REFERENCE DATA

Capacitance range	0,56 to 560 pF (E12 series)
Rated d.c. voltage	100 V
Tolerance on capacitance	± 2% or ± 0,25 pF
Temperature coefficients	P100, NP0, N075, N150, N220 N330, N470, N750, N1500
Sectional specification	IEC 384-8, sub-class 1B
Climatic category (IEC 68)	55/085/21

APPLICATION

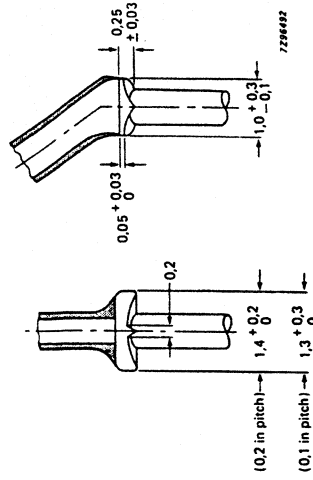
In a wide variety of electronic equipment, e.g. as temperature compensating capacitors in tuning circuits and filters, as coupling and decoupling capacitors in high-frequency circuits where low losses and good d.c. behaviour are required. Because of their small size and their availability with a pitch of 2,54 mm over the whole range, the capacitors are ideal for circuitry with a high component density.

DESCRIPTION

The capacitors consist of a thin rectangular ceramic plate, both sides of which are metallized and provided with connecting leads. They are insulated by a coating that ensures a good behaviour under humid conditions. The colour of the capacitor body is grey. The capacitors distinguish themselves by small dimensions and narrow tolerances on the lead spacing. They are available with different lead shapes. The leads are provided with a flange, that guarantees leads without lacquer, making them perfectly suited for automatic insertion.

The electrical properties are characterized by low losses, a very close standard tolerance on the capacitance (± 0,25 pF or 2%), high stability and, owing to the absence of silver, an extremely good d.c. behaviour.

(Capacitors with silver electrodes suffer from the "silver migration" effect. Silver particles move from one electrode to the other under the influence of a d.c. voltage and moisture. Capacitors with silver electrodes are considerably larger.)



For dimensions H and W see Table 2. The lead length (L) is shown in Table 1 for bulk packed capacitors; for taped capacitors it can be found in section "Packing" of "General Data on Miniature ceramic plate capacitors".

DETAIL

Table 1

pitch	lead diam	Fig.	catalogue number *	
			bulk packed	on tape on reel in amimpack
5,08 mm (0,2 in)	0,6 mm (0,024 in)	1	L ≥ 13 mm 2222 681 2222 683 2222 689	2222 679 2222 689
2,54 mm (0,1 in)	0,6 mm (0,024 in)	2	2222 680 2222 682	2222 678 2222 688

* For catalogue number suffix see Tables 3 to 11.

2222 678 to 2222 678 to
 2222 683; 2222 683;
 2222 688; 689 2222 688; 689

Table 2

size	W (mm)	H (mm)		approx. mass g
		Fig. 1	Fig. 2	
I	3,6(-1,1)	6,3(-1,8)	5,0(-1,5)	0,14
IIA	3,9(-1,2)	6,7(-1,8)	5,3(-1,5)	0,15
IIB	4,5(-1,2)	7,3(-1,8)	6,0(-1,5)	0,15
III	5,1(-0,9)	7,9(-1,7)	6,6(-1,4)	0,17
IV	6,2(-1,0)	9,0(-1,7)	7,7(-1,4)	0,20
V	6,2(-1,0)	11,2(-2,1)	9,9(-1,8)	0,20

The thickness of the capacitors does not exceed 2,3 mm (0,08 in), except for a few types as is indicated in Tables 3 to 11.

Marking

The temperature coefficient is indicated by a colour code as per IEC and EIA recommendations. The capacitance value is indicated on the body by figures in a contrasting colour.

Mounting

When bending, cutting or flattening the leads, they should be relieved of the applied load of the capacitor body.

Soldering conditions

max. 270 °C, max. 10 s

The capacitors are mounted on printed-wiring boards (hand mounting or automatic insertion). Due to the flange on the leads solder connections are free from lacquer. The flange is provided with a degassing groove.

PACKING

See "General Data on Miniature ceramic plate capacitors", section "Packing".

ELECTRICAL DATA

The capacitors meet the essential requirements of IEC 384-8. Unless stated otherwise all electrical values apply at an ambient temperature of 20 ± 1 °C, an atmospheric pressure of 86 to 106 kPa and a relative humidity of 63 to 67%.

Capacitance values* and tolerances,

measured at 1 MHz, ≤ 5 V

see Tables 3 to 11

100 V

300 V

300 V

$> 10\,000$ M Ω

Rated d.c. voltage

Test voltage (d.c.) for 1 min

Test voltage (d.c.) of coating for 1 min

Insulation resistance after 1 min

at 100 V (d.c.)

Tan δ^* at 1 MHz, ≤ 5 V

for $C \leq 50$ pF

for $C > 50$ pF

Category temperature range

Storage temperature range

Climatic category, IEC 68

$\leq 15 \left(\frac{15}{C} + 0,7 \right) \times 10^{-4}$;

max. 55×10^{-4}

$\leq 15 \times 10^{-4}$

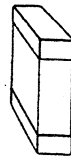
-55 to +85 °C

-55 to +85 °C

55/085/21

* Including 2 mm per connecting lead.

SURFACE MOUNTED CERAMIC MULTILAYER CAPACITORS



- Six standard sizes
- High capacitance per unit volume
- Supplied in boxes or in tape on reel

QUICK REFERENCE DATA

Capacitance range
 class 1, NPO dielectric
 N220 dielectric
 N750 dielectric
 class 2, X7R dielectric
 Y5V dielectric
 Rated voltage U_R (d.c.)
 Tolerance on capacitance
 NPO, N220, N750 dielectrics
 X7R dielectric
 Y5V dielectric
 Sectional specification
 Climatic category (IEC 68)
 NPO, N220, N750 dielectrics
 X7R dielectric
 Y5V dielectric
 Resistance to soldering heat

0,47 to 10 000 pF (E12-series)*
 4,7 to 820 pF (E12-series)*
 6,8 to 1200 pF (E12-series)*
 180 pF to 1 μ F (E12-series)
 2200 to 100 000 pF (E6-series)**
 63 V (IEC)

$\pm 10\%$, $\pm 5\%$; below 10 pF: $\pm 0,5$ or $\pm 0,25$ pF
 $\pm 20\%$, $\pm 10\%$
 -20 to $\pm 80\%$, $\pm 20\%$
 IEC 384-10, 40 (secretariat) 544

55/125/56
 55/125/56
 25/085/56
 260 $^{\circ}$ C, 10 s

APPLICATION

These capacitors with high capacitance per unit volume are for surface mounted assembly. Their dimensions, performance, and reliability make them very attractive for a wide range of applications, specially where high package density is required. Typical application areas are e.g. radio, television, cameras, pocket calculators, telecommunication and military equipment. The taped versions are especially suitable for automatic placement.

* Below 10 pF other values on request.
 ** Values up to 1 μ F under development.

DESCRIPTION

The capacitors consist of a rectangular block of ceramic dielectric in which a number of interleaved precious-metal electrodes yield a high capacitance per unit volume. They are AgPd (35/65) metallized or NiSn metallized at the terminations (see Fig. 1).

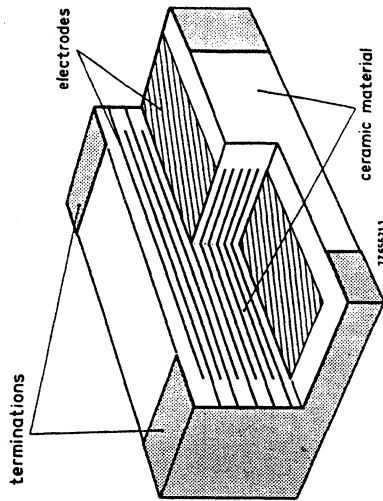


Fig. 1.

MECHANICAL DATA

Outlines

Dimensions in mm

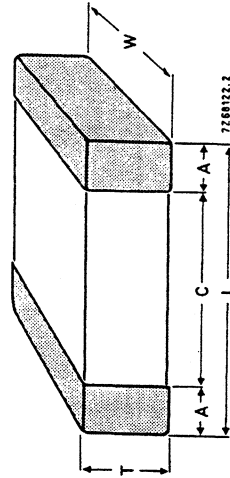


Fig. 2.

Table 1

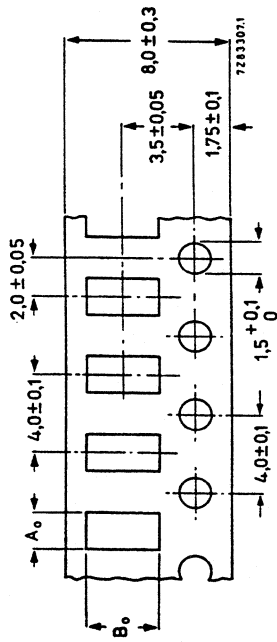
size	L	W	T		A		C
			min.	max.	min.	max.	
0805	2,0 \pm 0,15	1,25 \pm 0,15	0,51*	1,27*	0,25	0,75	0,4
1206	3,2 \pm 0,15	1,6 \pm 0,15	0,51*	1,60*	0,25	0,75	
1210	3,2 \pm 0,2	2,5 \pm 0,2	0,51	1,90	0,3	1,0	
1808	4,5 \pm 0,2	2,0 \pm 0,2	0,51	1,90	0,3	1,0	
1812	4,5 \pm 0,2	3,2 \pm 0,2	0,51	1,90	0,3	1,0	
2220	5,7 \pm 0,2	5,0 \pm 0,2	0,51	1,90	0,3	1,0	

* See also Table 2.

PACKING

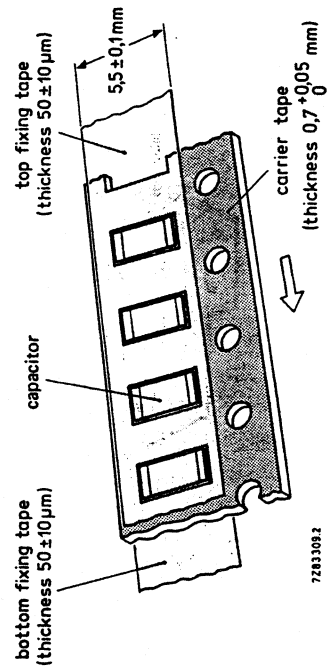
The capacitors are supplied in bulk in cardboard boxes of 1000; the sizes 0805, 1206 and 1210 are also supplied in tape (cardboard or blister) on reels of 4000. Capacitors with sizes 0805 and 1206 (with the smaller tolerance) are also available in bulkpacking of 100; see Appendix II.

Cardboard tape



dimensions	size	1206
A ₀	1,5 + 0,2 0	1,85 + 0,2 0
B ₀	2,25 + 0,2 0	3,45 + 0,2 0

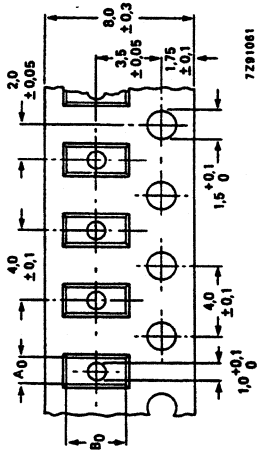
Fig. 13 Dimensions of carrier tape (mm).
Cumulative pitch error 0,2 mm over 10 pitches.



7283303.2

Fig. 14 Cardboard tape.

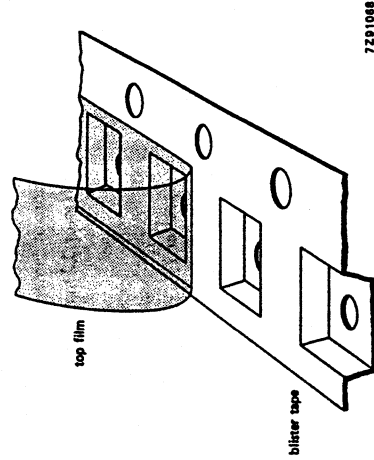
Blister tape



7291061

dimension	size	0805	1206
A ₀	1,55 ± 0,1	1,85 ± 0,1	
B ₀	2,3 ± 0,1	3,55 ± 0,1	

Fig. 15 Dimensions of carrier tape.
Cumulative pitch error 0,2 mm over 10 pitches.



7291068

Fig. 16 Blister tape.

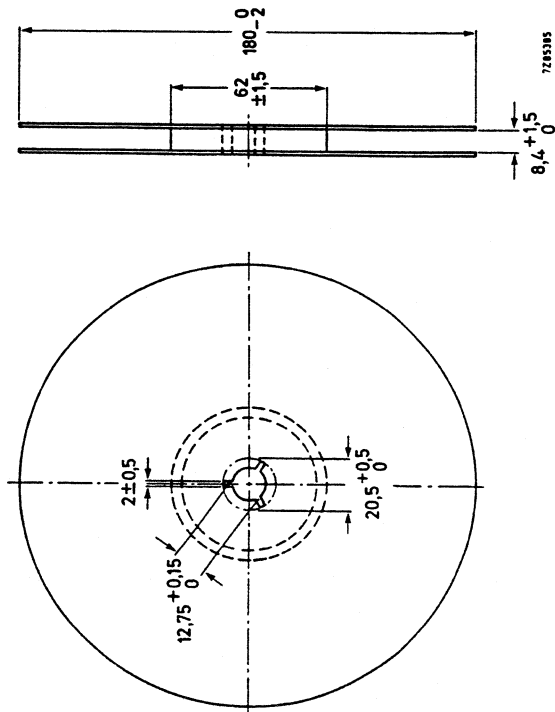


Fig. 17 Reel.

At least 40 positions at the beginning and 75 at the end of the tape are not used. The tape has a 230 mm leader.

SOLDER CONDITIONS

Limiting conditions

235 °C, min. 2 s, max. 100 s | see Fig. 18
260 °C, max. 30 s

Typical solder conditions

see Figs 19, 20 and 21

(The use of weakly CI-activated flux is advised). ←

POLYSTYRENE FILM/FOIL CAPACITORS

KS axial sleeved type

- Supplied on bandoliers on reel or loose in boxes

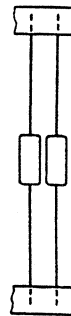
QUICK REFERENCE DATA

Rated capacitance range	47 to 39 000 pF
Tolerance on rated capacitance	± 5% (E24-series) ± 2% (E24, E48-series) ± 1% (E24, E48, E96-series)
Rated voltage U_R (DC)	63 V, 160 V, 250 V, 630 V
Climatic category	40/070/21 40/085/21
Rated temperature	70 °C 85 °C
Related specification	IEC 384-7
Stability class	2

SURVEY OF STYLES



Style 2222 424 to 427;
See Tables 1 to 4.



Style 2222 428 to 431;
See Tables 1 to 4.

APPLICATION

For use in circuits where close tolerance, reliability and low losses are of prime importance, e.g. tuned circuits, filter networks, etc.

DESCRIPTION

The capacitors consist of a low-inductance wound cell of metal foil and a polystyrene film. The cell is covered with a green plastic sleeve. The axial leads are of solder-coated wire.

METALLIZED POLYETHYLENE-TEREPHTHALATE FILM CAPACITORS

GENERAL DATA

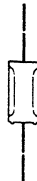
MKT axial moulded type

- Supplied in boxes

QUICK REFERENCE DATA

Rated capacitance range (E12-series)	0,0082 to 6,8 μ F
Tolerance on rated capacitance	$\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$
Rated voltage U_R (DC)	100 V, 250 V, 400 V
Climatic category	55/100/56
Rated temperature	85 °C
Tangent of loss angle at 10 kHz	100×10^{-4}
Related specification	IEC 384-2
Performance grade	general purpose

STYLE



Style 2222 341; see Tables 1 to 3.

APPLICATION

In electronic circuits for blocking and coupling, bypass and energy reservoir applications.

DESCRIPTION

The capacitors consist of a low-inductance wound cell of metallized polyethylene-terephthalate (PETP) film. The cell is moulded in yellow flame retardant polypropylene. The axial leads are of solder-coated wire. One end of the capacitor is provided with two stand-off ridges to allow removal of solder flux etc., when cleaning the printed-wiring board.

Dimensions in mm

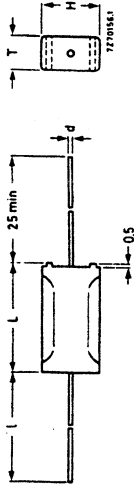


Fig. 1 Capacitors 2222 341.

Table 1- U_R (DC) = 100 V; max. AC voltage = 63 V; Fig. 1

rated capacitance μ F	T_{max}	H_{max}	L_{max}	d	l min	mass grams	catalogue number 2222 341		
							tol. $\pm 20\%$	tol. $\pm 10\%$	tol. $\pm 5\%$
0,082							26823	27823	25823
0,10						1,0	26104	27104	25104
0,12	5,1	8,8	14,6				26124	27124	25124
0,15						1,1	26154	27154	25154
0,18						1,4	26184	27184	25184
0,22	5,7	9,5	14,6				26224	27224	25224
0,27						1,7	26274	27274	25274
0,33	6,6	10,4	18,1	0,8	40		26334	27334	25334
0,39						2,0	26394	27394	25394
0,47	7,9	11,5	18,1				26474	27474	25474
0,56						2,5	26564	27564	25564
0,68	7,8	11,6	23,5				26684	27684	25684
0,82						3,2	26824	27824	25824
1,0	9,2	12,9	23,5				26105	27105	25105
1,2						4,0	26125	27125	25125
1,5	10,8	14,5	23,5				26155	27155	25155
1,8						5,5	26185	27185	25185
2,2	10,7	14,6	31				26225	27225	25225
2,7						8,0	26275	27275	25275
3,3	12,5	19,5	31	1	50		26335	27335	25335
3,9						10,5	26395	27395	25395
4,7	15,4	22,1	31				26475	27475	25475
5,6							26565	27565	25565
6,8							26685	27685	25685

Table 2-UR (DC) = 250 V; max. AC voltage = 160 V; Fig. 1

rated capacitance μF	T _{max}	H _{max}	L _{max}	d	ℓ min	mass grams	catalogue number 2222 341		
							tol. ± 20%	tol. ± 10%	tol. ± 5%
0,039							88393	89393	87393
0,047							88473	89473	87473
0,056	5,1	8,8	14,6			1,0	88563	89563	87563
0,068							88683	89683	87683
0,082	5,7	9,5	14,6			1,1	88823	89823	87823
0,10							88104	89104	87104
0,12							88124	89124	87124
0,15	6,6	10,4	18,1	0,8	40	1,7	88154	89154	87154
0,18							88184	89184	87184
0,22							88224	89224	87224
0,27							88274	89274	87274
0,33							88334	89334	87334
0,39	7,8	11,6	23,5			2,5	88394	89394	87394
0,47							88474	89474	87474
0,56							88564	89564	87564
0,68	9,2	12,9	23,5			3,2	88684	89684	87684
0,82							88824	89824	87824
1,0	10,7	14,6	31			5,5	88105	89105	87105
1,2							88125	89125	87125
1,5				1	50	8,0	88155	89155	87155
1,8	12,5	19,5	31				88185	89185	87185
2,2							88225	89225	87225

Table 3-UR (DC) = 400 V; max. AC voltage = 220 V; Fig. 1

rated capacitance μF	T _{max}	H _{max}	L _{max}	d	ℓ min	mass grams	catalogue number 2222 341		
							tol. ± 20%	tol. ± 10%	tol. ± 5%
0,0082							54822	55822	53822
0,010							54103	55103	53103
0,012							54123	55123	53123
0,015	5,1	8,8	14,6			1,0	54153	55153	53153
0,018							54183	55183	53183
0,022							54223	55223	53223
0,027							54273	55273	53273
0,033							54333	55333	53333
0,039	7	10,6	14,6			1,4	54393	55393	53393
0,047				0,8	40	1,7	54473	55473	53473
0,056	6,6	10,4	18,1			2,0	54563	55563	53563
0,068							54683	55683	53683
0,082							54823	55823	53823
0,10	7,9	11,5	18,1			2,5	54104	55104	53104
0,12							54124	55124	53124
0,15	7,8	11,6	23,5			2,5	54154	55154	53154
0,18							54184	55184	53184
0,22	9,2	12,9	23,5			3,2	54224	55224	53224
0,27							54274	55274	53274
0,33	10,8	14,5	23,5			4,0	54334	55334	53334
0,39							54394	55394	53394
0,47	10,7	14,6	31			5,5	54474	55474	53474
0,56				1	50	8,0	54564	55564	53564
0,68	12,5	19,5	31				54684	55684	53684
0,82	15,4	22,1	31			10,5	54824	55824	53824
1,0							54105	55105	53105

2222 344
2222 370
2222 371

2222 344
2222 370
2222 371

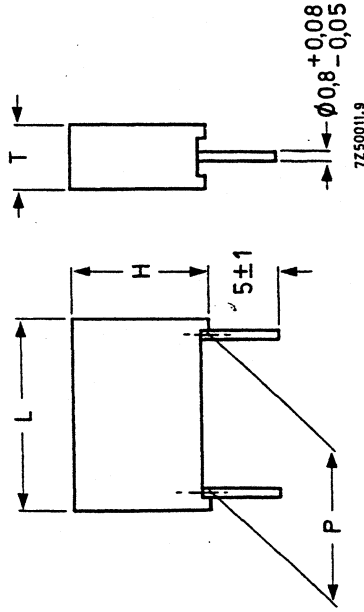


Fig. 2 Physical dimensions; 2222 371 range.

Table 3 $U_R(\text{DC}) = 63 \text{ V}$; max. AC voltage = 40 V; Fig. 2

rated capacitance μF	catalogue number 2222 371											
	I = 4 + 1 - 0.5						I = 26 ± 1					
	tol. ± 20%	tol. ± 10%	tol. ± 5%	tol. ± 20%	tol. ± 10%	tol. ± 5%	tol. ± 20%	tol. ± 10%	tol. ± 5%	tol. ± 20%	tol. ± 10%	tol. ± 5%
0,056	10563	11563	12563	14563	15563	16563	10563	11563	12563	14563	15563	16563
0,068	10683	11683	12683	14683	15683	16683	10683	11683	12683	14683	15683	16683
0,10	10823	11823	12823	14823	15823	16823	10823	11823	12823	14823	15823	16823
0,12	10104	11104	12104	14104	15104	16104	10104	11104	12104	14104	15104	16104
0,15	10154	11154	12154	14154	15154	16154	10154	11154	12154	14154	15154	16154
0,18	10184	11184	12184	14184	15184	16184	10184	11184	12184	14184	15184	16184
0,22	10224	11224	12224	14224	15224	16224	10224	11224	12224	14224	15224	16224
0,27	10274	11274	12274	14274	15274	16274	10274	11274	12274	14274	15274	16274
0,33	10334	11334	12334	14334	15334	16334	10334	11334	12334	14334	15334	16334
0,39	10394	11394	12394	14394	15394	16394	10394	11394	12394	14394	15394	16394
0,47	10474	11474	12474	14474	15474	16474	10474	11474	12474	14474	15474	16474
0,56	10564	11564	12564	14564	15564	16564	10564	11564	12564	14564	15564	16564
0,68	10684	11684	12684	14684	15684	16684	10684	11684	12684	14684	15684	16684
0,82	10824	11824	12824	14824	15824	16824	10824	11824	12824	14824	15824	16824
1,0	10105	11105	12105	14105	15105	16105	10105	11105	12105	14105	15105	16105

Fig. 3 Physical dimensions; 2222 344 range.

Table 7 $U_R(\text{DC}) = 63 \text{ V}$; max. AC voltage = 40 V; Fig. 3

rated capacitance μF	T max	H max	L max	P	mass grams	catalogue number		
						2222 344	tol. ± 20%	tol. ± 10%
0,18	4,5	10			0,7	14184	15184	13184
0,22	4,5	10				14224	15224	13224
0,27	5	11	13	10		14274	15274	13274
0,33	5	11		± 0,3	0,85	14334	15334	13334
0,39	5	11				14394	15394	13394
0,47	5	11				14474	15474	13474
0,56	6	12			1,4	14564	15564	13564
0,68	6	12				14684	15684	13684
0,82	7	13	17,5	15 ± 0,3	1,8	14824	15824	13824
1,0	7	13				14105	15105	13105
1,2	8,5	14,5			2,55	14125	15125	13125
1,5	8,5	14,5				14155	15155	13155
1,8	6,5	15,5			2,75	14185	15185	13185
2,2	6,5	15,5				14225	15225	13225
2,7	8,5	17,5	26	22,5 ± 0,3	4,3	14275	15275	13275
3,3	8,5	17,5				14335	15335	13335
3,9	9,5	19			5,1	14395	15395	13395
4,7	9,5	19				14475	15475	13475
5,6	11	20			7,4	14565	15565	13565
6,8	11	20	31	27,5 ± 0,3	10,2	14685	15685	13685
8,2	13	22,5				14825	15825	13825
10	13	22,5				14106	15106	13106

2222 344
2222 370
2222 371

2222 344
2222 370
2222 371

METALLIZED POLYETHYLENE-TEREPHTHALATE FILM CAPACITORS



MKT radial potted type

- 5,08 to 27,5 mm pitch
- Supplied on tape or in boxes

QUICK REFERENCE DATA

Rated capacitance range (E12-series) 0,0039 to 10 μ F
 Tolerance on rated capacitance $\pm 20\%$, $\pm 10\%$, $\pm 5\%$
 Rated voltage UR (DC) 63 V, 100 V, 250 V, 400 V
 Climatic category 55/100/56
 Rated temperature 85 °C
 Tangent of the loss angle at 10 kHz 100×10^{-4}
 Related specification IEC 384-2
 Performance grade long life
 Qualified according to CECC 30 401-039 2nd edition*

SURVEY OF STYLES

style	pitch	tables
2222 370	5,08 mm	1 to 2
2222 371	7,62 mm	3 to 6
2222 344	10 to 27,5 mm	7 to 10

Available on tape to special order.

APPLICATION

In electronic circuits for blocking and coupling, bypass and energy reservoir applications. Their defined dimensions make them suitable for circuits with high packaging density.

DESCRIPTION

The capacitors consist of a low-inductance wound cell of metallized polyethylene-terephthalate (PETP) film. The cell is potted with epoxy resin in a flame retardant polypropylene case. The radial leads are of solder-coated wire. The capacitors can withstand solvents and rinsing liquids without damage. They have small stand-off pips to allow removal of solder flux etc. during cleaning of the printed circuit board.

* Except style 2222 344: 63 V version and 250 V 0,082 and 0,1 μ F.

GENERAL DATA

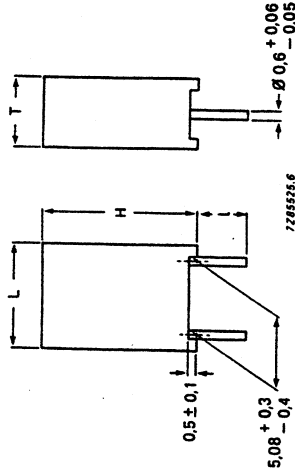


Fig. 1 Physical dimensions, 2222 370 range.

Table 1 UR(DC) = 63 V; max. AC voltage = 40 V; Fig. 1

rated capacitance μ F	T max	H max	L max	mass grams	catalogue number 2222 370.....					
					I = 4 + 1 - 0,5		I = 26 ± 1		packed in boxes	
					tol. $\pm 20\%$	tol. $\pm 10\%$	tol. $\pm 5\%$	tol. $\pm 20\%$	tol. $\pm 10\%$	tol. $\pm 5\%$
0,056	2,5	6,5	7,2	0,25	10563	11563	12563	14563	15563	16563
0,068					10683	11683	12683	14683	15683	16683
0,082					10823	11823	12823	14823	15823	16823
0,10					10104	11104	12104	14104	15104	16104
0,12					10124	11124	12124	14124	15124	16124
0,15	3,5	8	7,2	0,35	10154	11154	12154	14154	15154	16154
0,18					10184	11184	12184	14184	15184	16184
0,22					10224	11224	12224	14224	15224	16224
0,27	4,5	9	7,2	0,45	10274	11274	12274	14274	15274	16274
0,33					10334	11334	12334	14334	15334	16334
0,39	5	10	7,2	0,5	10394	11394	12394	14394	15394	16394
0,47					10474	11474	12474	14474	15474	16474
0,56					10564	11564	12564	14564	15564	16564
0,68	6	11	7,2	0,5	10684	11684	12684	14684	15684	16684
0,82					10824	11824	12824	14824	15824	16824
1,0					10105	11105	12105	14105	15105	16105

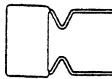
POLYETHYLENE-TEREPHTHALATE FILM/FOIL CAPACITORS
KT radial phenolic lacquered type

- 10,16 to 27,94 mm pitch
- Supplied in boxes

QUICK REFERENCE DATA

Rated capacitance range (E12-series)	0,001 to 1 μ F
Tolerance on rated capacitance	$\pm 20\%$, $\pm 10\%$
Rated voltage U_R (DC)	100 V, 250 V, 400 V, 630 V
Climatic category, IEC 68	40/100/21
Rated temperature	85 °C
Related specification	IEC 384-11

STYLE



Style: 2222 347.
Pitch: 10,16 mm, 15,24 mm, 22,86 mm, 27,94 mm
See Tables 1 to 4.

APPLICATION

For use in wide range of consumer and industrial applications, especially where high currents and/or steep pulses occur. The capacitors are suited for DC or AC operation.

DESCRIPTION

These capacitors consist of a low-inductance wound cell of metal foil and a polyethylene-terephthalate (PETP) film. The cell is protected by a hard, tan coloured lacquer, which is self-extinguishing. The radial leads are of solder-coated wire.

GENERAL DATA

Dimensions in mm

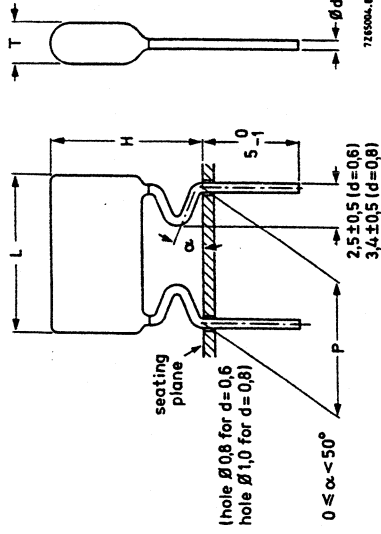


Fig. 1 Capacitors 2222 347.

Table 1 U_R (DC) = 100 V; max. AC voltage = 50 V, Fig. 1

rated capacitance μ F	T_{max}	H_{max}	L_{max}	d	P	mass grams	catalogue number 2222 347.....	
							tol. $\pm 20\%$	tol. $\pm 10\%$
0,015	4,5	12				0,4	20153	21153
0,018	5	12,5				0,5	20183	21183
0,022	5,5	13		0,6	10,16	0,6	20223	21223
0,027	5,5	13	13,5	$+0,06$ $\pm 0,3$	$\pm 0,3$	0,7	20273	21273
0,033	6	13,5		$-0,05$		0,7	20333	21333
0,039	6,5	14				0,8	20393	21393
0,047	7	14,5				0,9	20473	21473
0,056	5,5	14				1,2	20563	21563
0,068	6	14,5				1,3	20683	21683
0,082	6,5	15	19	15,24	15,24	1,5	20823	21823
0,10	7	15,5		$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	1,7	20104	21104
0,12	7,5	16				1,9	20124	21124
0,15	8	16,5		0,8		2,3	20154	21154
0,18	7,5	18		$+0,08$		2,8	20184	21184
0,22	7,5	18,5		$-0,05$		3,2	20224	21224
0,27	8	19,5	27			3,8	20274	21274
0,33	8,5	20		22,86	22,86	4,4	20334	21334
0,39	9,5	21		$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	5,1	20394	21394
0,47	10,5	22				6,0	20474	21474
0,56	10	21,5				7,0	20564	21564
0,68	11	22,5	32			8,4	20684	21684
0,82	12	23,5		$\pm 0,3$	$\pm 0,3$	10,2	20824	21824
1	13,5	25				12,5	20105	21105

INTRODUCTION

1. GENERAL

Solid and non-solid aluminium electrolytic capacitors are most commonly used in such circuit functions as filtering, coupling, smoothing and by-passing, and for energy storage, or wherever there is a need for capacitive reactance.

These functions are often applied under specific circumstances and the requirements specified by users have grown steadily. The outcome has been a wide range of solid and non-solid aluminium electrolytic capacitor programmes to cover the different applications, for example:

General purpose radio, television, and general/industrial applications.

Professional/industrial long life and high reliability — telecommunications equipment, electronic data processing.

high temperature — motor cars.

small size — hybrid circuits, paging systems.

low equivalent series resistance at high frequency — switched-mode power supplies.

All information given in sections 2 to 8 of this Introduction are of a general nature and are only intended for providing an understanding of the basic principles of solid and non-solid aluminium electrolytic capacitors.

For specific engineering data, reference should be made to the relevant applicable data sheets contained within this handbook.

2. PRINCIPLES

The essential property of a capacitor is to store electrical charge. The amount of electrical charge (Q) in the capacitor (C) is proportional to the applied voltage (U). The relationship of these parameters is:

$$Q = C \cdot U$$

where Q = charge in coulombs (C)

C = capacitance in farads (F)

U = voltage in volts (V)

The value of capacitance is directly proportional to the (anode) surface area and inversely proportional to the thickness of the dielectric layer, thus:

$$C = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \cdot \frac{A}{d}$$

where ϵ_0 = absolute permittivity ($8,85 \times 10^{-12}$ F/m)

ϵ_r = relative dielectric constant (dimensionless)

A = surface area (m²)

d = thickness of dielectric (oxide) layer (m)

The dielectric layer consists of aluminium oxide (Al₂O₃) which is formed by an electrochemical oxidizing process of aluminium. This layer withstands extremely high electrical field strength. During the electrochemical forming process the dielectric layer is exposed to the physical limit of electrical field strength mentioned above. The thickness of the layer is determined by a voltage U_F, the so-called forming voltage. To avoid changing the thickness of the layer during normal use the operating voltage should always be lower than the forming voltage.

For general purpose non-solid aluminium electrolytic capacitors, the value of U_R/U_F is about 0,8 (U_R being the rated voltage). Types for professional and industrial applications are sometimes rated to 0,6. Solid aluminium electrolytic capacitors are rated to approximately 0,25 due to various reasons.

The relative dielectric constant of Al₂O₃ is approximately 8 (dimensionless), its electrical field strength amounts to $7 \cdot 10^8$ V/m.

3. DESCRIPTION

The dielectric layer is electrically contacted on one side by its base metal (aluminium) and on the other side by a conductor, being an electrolyte in the case of a non-solid aluminium electrolytic capacitor and a solid semiconductor in the case of a solid aluminium electrolytic capacitor. The metal contact electrode is called the anode. To obtain high capacitance values per unit volume the surface of the anode is artificially enlarged by etching processes.

Non-solid aluminium electrolytic capacitors

The containing electrode opposite to the anode is an ionic conductor in the case of a non-solid aluminium electrolytic capacitor. Because of this ionic conduction the potential of the anode should never be lower than the potential of the electrolyte: if the potential of the anode is lower than that of the electrolyte, positive hydrogen ions will move through the dielectric layer to the anode metal where they are discharged.

The hydrogen gas so formed blows up the dielectric layer, causing a high leakage current or even a short circuit. In the case of the anode being at a positive potential with respect to the electrolyte (this is the case of normal use) the oxidizing ions are driven towards the dielectric layer.

These oxidizing ions are not able to pass through the dielectric layer at field strengths lower than the physical limit ($7 \cdot 10^8$ V/m). In the case of a defect in the dielectric layer the limiting field strength might be reached even during normal use. In that case the oxidizing ions will pass through the defect to the anode metal where new oxide is formed, which repairs the defect.

It is necessary to make electrical contact to the electrolyte from outside. This is usually done by inserting an etched aluminium electrode into the electrolyte. This electrode, called the cathode, is always covered by a relatively thin oxide layer. To avoid direct mechanical contact between the oxide layers of cathode and anode (which would cause mechanical damage of the dielectric) a soft spacer of porous paper is used which also serves as a sponge for the electrolyte.

The total thickness of the system described is only a fraction of a millimetre. Therefore, during manufacture, long strips of the described system are wound into cylindrical bodies and encased. Fig. 1 shows a cross-section of a typical design.

CAPACITORS SOLID AND NON-SOLID

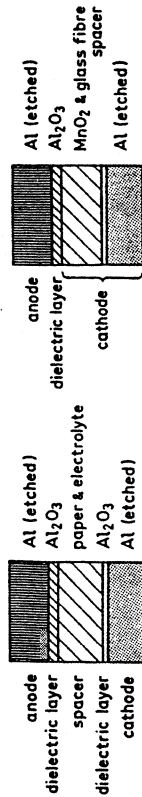
Solid aluminium electrolytic capacitors

In a solid aluminium electrolytic capacitor the containing electrode opposite to the anode is formed by manganese dioxide (MnO₂), a semiconductor, and called the cathode. Therefore, in principle, the potential of the anode with respect to the cathode is allowed to be positive as well as negative. However, due to the absence of oxidizing ions, no self-repairing effect of the dielectric layer by the leakage current is obtained. In practice it is advisable to maintain the anode potential positive with respect to the cathode, because no solid aluminium electrolytic capacitor is absolutely free of moisture, so ionic reactions could take place.

Via the system manganese dioxide-aluminium foil-case-tinned leads, the cathode is electrically connected with the outside in our 121, 123 and 125 series of solid aluminium electrolytic capacitors (Fig. 1). A glass fibre spacer is used to avoid direct mechanical contact between anode layer and the aluminium contact foil.

In the 128 series of solid aluminium electrolytic capacitors, the cathode is connected to the outside via the system manganese dioxide - graphite - silver - tin solder - tinned leads (Fig. 2).

NON-SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC TYPES



SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC TYPES (121/123/125 types)

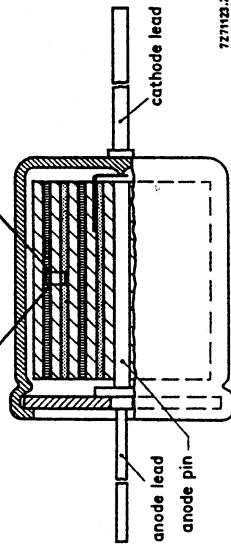
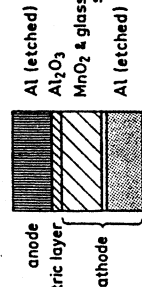


Fig. 1 Capacitor construction.

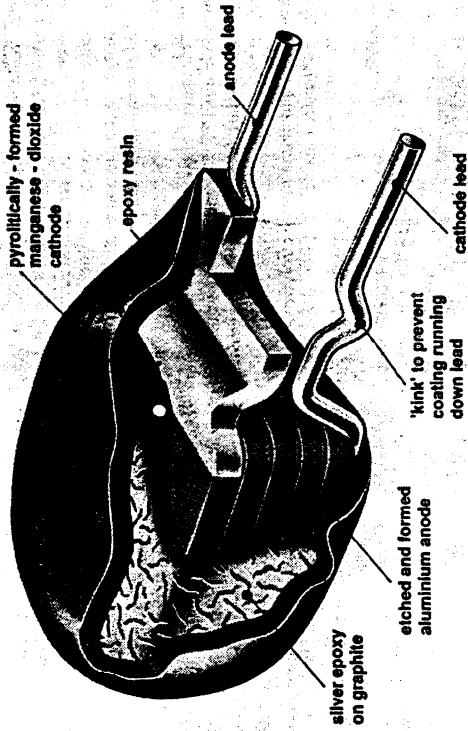


Fig. 2 Solid aluminium electrolytic type 2222 128.

4. ELECTRICAL IMPEDANCE

The electrical impedance (Z) of a capacitor in its reference plane (being the connecting points on a printed-wiring board) consists of a real part (R) and an imaginary part (j. X), thus:

$$Z = R + j. X \text{ and } \tan \delta = \frac{R}{X}$$

where R = the equivalent series resistance (ESR) (Ω)

j. X = the imaginary part of the series impedance (Ω)

Z = the complex series impedance (Ω)

$\tan \delta$ = dissipation factor (dimensionless)

The actual values of R and X depend upon two parameters: the frequency (f) and the temperature (T) as shown in Figs 3 to 6.

It is usual to express X in terms of C_s (equivalent series capacitance) and ω:

$$X = - \frac{1}{\omega C_s} \quad \omega = 2. \pi. f. \text{ frequency (f) in Hz.}$$

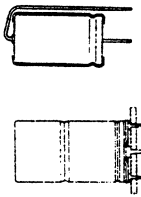
At high frequencies (> 100 kHz) an inductive part contributes to the impedance, changing X into X = jωL, where L = inductance in H.

NOTE:

Standard MIL-C-62 for dry electrolytics is based on a now obsolete construction and does not apply to solid aluminium electrolytic capacitors.

NON-SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC CAPACITORS

- Miniature and small types
- Axial leads and single ended
- Very high CU-product per unit volume
- Long life
- General and industrial applications



QUICK REFERENCE DATA

Nominal capacitance range (E6 series): 0,22 to 15 000 μ F

Tolerance on nominal capacitance: $\pm 20\%$

Rated voltage range, UR (R5 series): 6,3 to 100 V

Category temperature range: -55 to +85 $^{\circ}$ C

Endurance test at 85 $^{\circ}$ C case sizes 2 to 7:

UR = 6,3 V to 25 V

UR = 40 V to 100 V

case sizes 00 to 05:

UR = 10 V to 63 V

UR = 100 V

Shelf life at 0 V, 85 $^{\circ}$ C:

500 hours

Basic specifications

case sizes 2 to 7:

IEC384-4, G.P. grade,

DIN41332, type II

IEC384-4, L.L. grade,

DIN 41316

Climatic category

IEC68:

DIN 40040:

55/085/56

PPF

Table 2 Case size dimensions

case size	nominal dimensions (mm)	
2	\emptyset 4,5 x 10	miniature
3	\emptyset 6 x 10	
5a	\emptyset 8 x 11	
4	\emptyset 6,5 x 18	
5	\emptyset 8 x 18	
6	\emptyset 10 x 18	
7	\emptyset 10 x 25	
00	\emptyset 10 x 30	small
01	\emptyset 12,5 x 30	
02	\emptyset 15 x 30	
03	\emptyset 18 x 30	
04	\emptyset 18 x 40	
05	\emptyset 21 x 40	

Table 1 Selection chart for C_{nom} -UR and relevant case sizes

C_{nom} μ F	UR (V)			UR (V)	
	6,3	10	16		
0,22				40	100
0,33				25	63
0,47				16	2
0,68				10	2
1				6,3	2
1,5				4	2
2,2				2,5	2
3,3				1,6	2
4,7				1,0	2
6,8				0,63	2
10				0,4	2
15				0,25	2
22				0,16	2
33				0,1	2
47				0,063	2
68				0,04	2
100	2	2	2	4/5a	5
150	3	3	3	4/5a	6
220	3	3	3	4/5a	7/00
330	5a	4	4	5	01
470	5a	4	4	6	01
680	5a	4	4	7/00	01
1000	5	6	6	7/00	01
1500	7/00	01	01	01	03
2200	7	01	01	02	04
3300	01	01	02	03	05
4700	02	03	04	04	
6800	03	04	05	05	
10 000	04	05			
15 000	05				

APPLICATION

These capacitors have extremely high CU-product per unit volume, which make them very suitable for applications where high requirements are imposed on size and mass, e.g. portable and mobile equipment. They are mainly used for smoothing, coupling and decoupling purposes in consumer applications, such as audio and video circuits, and in other applications such as measuring, regulating, timing and delay circuits. The bandoliered version is suitable for automatic insertion and for cutting and forming equipment.

DESCRIPTION

The capacitors have etched and oxidized aluminium foil electrodes rolled up with a paper strip impregnated with an electrolyte. The capacitors are in an aluminium case.

The capacitors are available in 4 styles, all with soldered-copper terminations.

Style 1: axial leads; case insulated with a blue plastic sleeve; all case sizes; case sizes 2 to 7 are supplied on bandoliers.

Style 2: single ended; with mounting ring with printed-wiring pins; especially for use in applications with severe shocks and vibrations; case sizes 02 to 05; cases are not insulated.

Style 3: single ended; case insulated with a blue plastic sleeve; case sizes 2 to 7 and 00 to 03.

Style 4: single ended with self-locking lead; case sizes 00 to 03.

Note: for case sizes 04/05, the stated maximum length may be exceeded by 0,7 mm.

MECHANICAL DATA

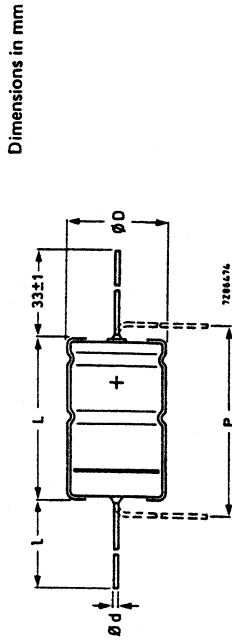


Fig. 1 Style 1; see Table 3 for dimensions.

Table 3 Physical dimensions, style 1

case size	ϕ D	l	style 1					mass approx. grams
			ϕ D _{nom}	L _{nom}	ϕ D _{max}	L _{max}	P _{min}	
2	0,6	*	4,5	10,0	5,0	10,5	15	0,50
3	0,6	*	6,0	10,0	6,3	10,5	15	0,70
5a	0,6	*	8,0	11,0	8,5	11,5	15	1,1
4	0,8	*	6,5	18,0	6,9	18,5	25	1,3
5	0,8	*	8,0	18,0	8,5	18,5	25	1,7
6	0,8	*	10,0	18,0	10,5	18,5	25	2,5
7	0,8	*	10,0	25,0	10,5	25,0	30	3,3
00	0,8	55 \pm 1	10,0	30,0	10,5	30,5	35	4
01	0,8	55 \pm 1	12,5	30,0	13,0	30,5	35	6,3
02	0,8	55 \pm 1	15,0	30,0	15,5	30,5	35	8,2
03	0,8	55 \pm 1	18,0	30,0	18,5	30,5	35	10,9
04	0,8	34 \pm 1	18,0	40,0	18,5	41,5	45	14
05	0,8	34 \pm 1	21,0	40,0	21,5	41,5	45	19

* Case sizes 2 to 7 are supplied on bandoliers in boxes or on reels (see PACKING).

Table 4 Physical dimensions, style 2

case size	style 2				mass approx. grams
	ϕd_1	ϕd_2	$\phi D1$	$\phi D2_{max}$	
02	0,8	1 +0,1	15,0	17,5	8,6
03	0,8	1 +0,1	18,0	19,5	11,5
04	1,0	1,3 +0,1	18,0	19,5	14,5
05	1,0	1,3 +0,1	21,0	22,5	19,7

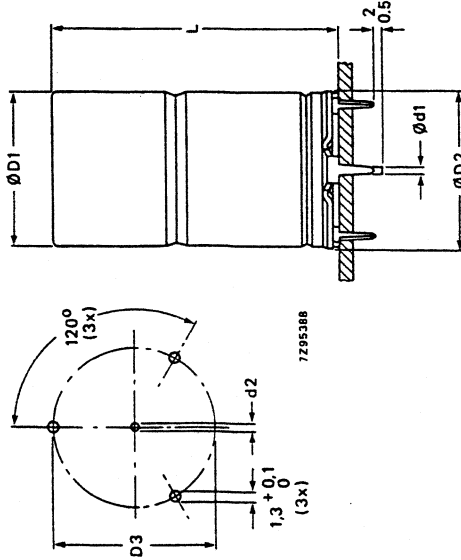


Fig. 2 Style 2; see Table 4 for dimensions.

Table 5 Physical dimensions, style 3

case size	style 3			mass approx. grams
	ϕd	L_{max}	P	
2	0,6	5,0	2,5-5	0,40
3	0,6	6,3	3,5-7,5	0,55
5a	0,6	8,5	5-10	1,0
4	0,8	6,9	5-10	1,2
5	0,8	8,5	5-10	1,6
6	0,8	10,5	7,5-12,5	2,3
7	0,8	10,5	7,5-12,5	3,1
00	0,8	10,5	7,5-12,5	3,8
01	0,8	13,0	7,5-12,5	6,1
02	0,8	15,5	10,0-15,0	8,0
03	0,8	18,5	10,0-15,0	

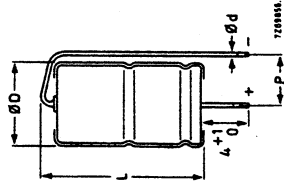


Fig. 3 Style 3; see Table 5 for dimensions.

Table 6 Physical dimensions, style 4

case size	style 4			P
	ϕd	ϕD_{max}	L_{max}	
00	0,8	10,5	34,0	7,5-12,5
01	0,8	13,0	34,0	7,5-12,5
02	0,8	15,5	34,0	10,0-15,0
03	0,8	18,5	34,0	10,0-15,0

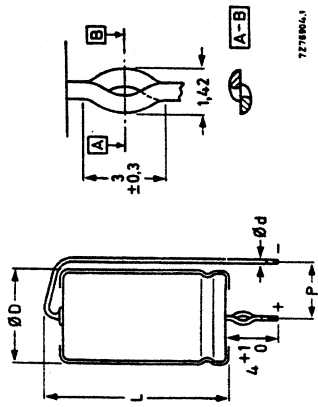


Fig. 4 Style 4; see Table 6 for dimensions.

Marking

The capacitors are marked with the following information:
 nominal capacitance value
 tolerance on nominal capacitance;
 rated voltage;
 group number (021);
 code for factory of origin;
 name of manufacturer;
 date code in accordance with IEC 62;
 band to identify the negative terminal;
 + signs to identify the positive terminal (not for case sizes 2, 3 and 5a).

Mounting

The capacitors are suitable for mounting on printed-wiring boards; the required hole diameters are shown in Table 7.

Table 7 Hole diameters for mounting capacitors

style	lead/pin diameter	required hole diameter
1 and 3	0,6 mm lead	0,8 + 0,1 mm
	0,8 mm lead	1,0 + 0,1 mm
2	0,8 mm anode pin	1,0 + 0,1 mm
	1,0 mm anode pin cathode pins	1,3 + 0,1 mm
4	anode pin	1,3 + 0,1 mm
	0,8 mm cathode lead	1,0 + 0,1 mm

NON-SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC CAPACITORS

- Miniature and small types
- Single ended
- General applications

QUICK REFERENCE DATA

Nominal capacitance range (E6 series): 0,10 to 4700 μ F
 Tolerance on nominal capacitance: $\pm 20\%$ *
 Rated voltage range, UR (R5 series): 6,3 to 100 V
 Category temperature range: -40 to +85 $^{\circ}$ C
 Endurance test at 85 $^{\circ}$ C: 1000 hours
 Shelf life at 0 V, 85 $^{\circ}$ C: 500 hours
 Basic specifications: IEC 384-4, G.P. grade DIN 41332/DIN 41259
 Climatic category: 40/085/56
 IEC 68:
 DIN 40040:
 * $\pm 10\%$ to special order.

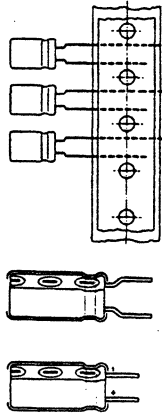


Table 1 Selection chart for C_{nom} - UR and relevant case sizes

C_{nom} μ F	UR (V)									
	6,3	10	16	25	35	40	50	63	100	100
0,10										11
0,15										11
0,22										11
0,33										11
0,47										11
0,68										11
1										11
1,5										11
2,2										11
3,3										11
4,7										11
6,8										11
10							11	12	13	13
15							11	12	13	13
22							11	12	13	14
33							11	12	13	15
47							11	12	13	16
68							11	12	13	17
100							12	13	14	18
150							12	13	14	18
220							13	14	15	19
330							13	14	15	19
470							14	15	16	19
680							14	15	16	19
1000							15	16	17	19
1500							15	16	17	18
2200							16	17	18	19
3300							16	17	18	20
4700							17	18	19	20

Table 2 Case dimensions

case size	nominal dimensions (mm)
11	ϕ 5 x 11
12	ϕ 6,3 x 11
13	ϕ 8 x 12
14	ϕ 10 x 12
15	ϕ 10 x 16
16	ϕ 10 x 20
17	ϕ 12,5 x 20
18	ϕ 12,5 x 25
19	ϕ 16 x 25
20	ϕ 16 x 31

APPLICATION

These capacitors with high CU-product per unit volume are mainly used for smoothing, coupling and decoupling purposes in consumer applications, such as audio and television circuits. Other applications are in timing and delay circuits. The taped versions are suitable for use with automatic insertion and cutting and forming equipment.

DESCRIPTION

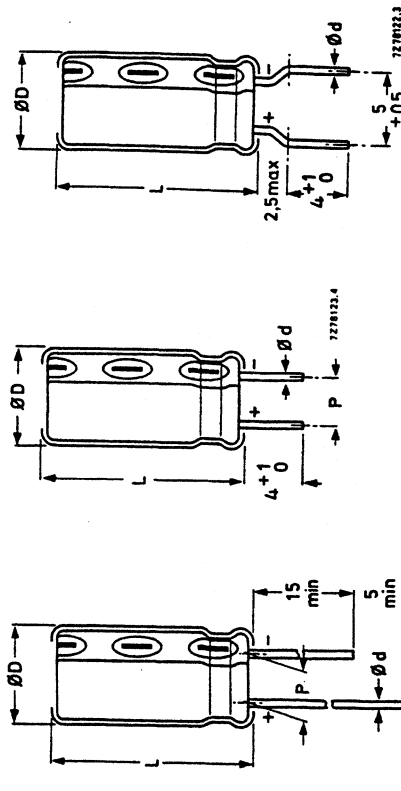
The capacitor has etched and oxidized aluminium foil electrodes rolled up with a paper strip impregnated with an electrolyte. The capacitor is fitted in an insulated aluminium case.

MECHANICAL DATA

The capacitor is available in 5 styles:

- style 1: long leads; in boxes;
- style 2: straight short leads; non preferred, in boxes;
- style 3: bent short leads, case sizes 11, 12 and 13 only; non preferred, in boxes;
- style 4: long leads; on tape on reel, positive leading; case sizes 11 to 13 only;
- style 5: long leads; on tape in ammunition pack; case sizes 11 to 13 only.

Dimensions in mm



7222093

Fig. 1 Style 1; see Table 3 for dimensions ϕ D, ϕ d, L and P.

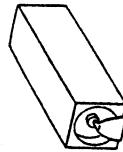
Fig. 2 Style 2; non preferred, see Table 3 for dimensions ϕ D, ϕ d, L and P.

Fig. 3 Style 3, case sizes 11, 12 and 13; non preferred, see Table 3 for dimensions ϕ D, ϕ d and L.

Table 3 Physical dimensions

case size	ϕ D	dimensions		P	mass grams
		ϕ D _{max}	L _{max}		
11	0,5	5,5	12,0	2,0	0,4
12	0,6	6,8	12,0	2,5	0,6
13	0,6	8,5	12,5	3,5	1,1
14	0,6	10,5	12,5	5,0	1,6
15	0,6	10,5	17,0	5,0	1,9
16	0,6	10,5	21,0	5,0	2,2
17	0,6	13,0	21,0	5,0	4,0
18	0,6	13,0	26,0	5,0	5,0
19	0,8	16,5	26,0	7,5	8,0
20	0,8	16,5	32,0	7,5	9,0

NON-SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC CAPACITORS



- Surface mounting type
- Supplied in rail or in blister tape
- General applications

QUICK REFERENCE DATA

Nominal capacitance range (E6 series)
 Tolerance on nominal capacitance
 Rated voltage range, U_R (R5 series)
 Category temperature range
 Endurance test at 85 °C
 Shelf life at 0 V, 85 °C
 Resistance to soldering heat
 Basic specifications
 Climatic category
 IEC 68
 DIN 40040

0,1 to 22 μF
 -10 to +50% or $\pm 20\%$
 6,3 to 63 V
 -40 to +85 °C
 1000 hours
 500 hours
 260 °C, 10 s; immersion in solder permitted
 IEC 384-4, G.P. grade
 DIN 41332, type II
 40/085/56
 GPF

Table 1 Selection chart for C_{nom} - U_R and relevant case sizes

C_{nom} μF	U_R (V)					
	6,3	10	16	25	40	63
0,1						1a
0,15						1a
0,22						1a
0,33						1a
0,47						1a
0,68						1a
1						1a
1,5						1a
2,2				1a		1
3,3				1a		1
4,7			1a			1
6,8		1a				1
10	1a					1
15		1				1
22						1

Table 2 Nominal dimensions

case size	nominal dimensions (mm) length x width x height
1a	8,8 x 3,7 x 3,9
1	11,9 x 3,7 x 3,9

APPLICATION

These capacitors with high CU-product per unit volume are for surface mounted assembly. They are mainly used for smoothing and decoupling purposes in consumer applications. The capacitors are suitable for automatic placement.

DESCRIPTION

The capacitors have highly etched and oxidized aluminium foil electrodes rolled up with a paper strip impregnated with an electrolyte. The capacitors are in rectangular plastic case with flat soldered-copper tags.

The capacitors are supplied in rails in boxes or in blister tape on reel.

MECHANICAL DATA

Dimensions in mm

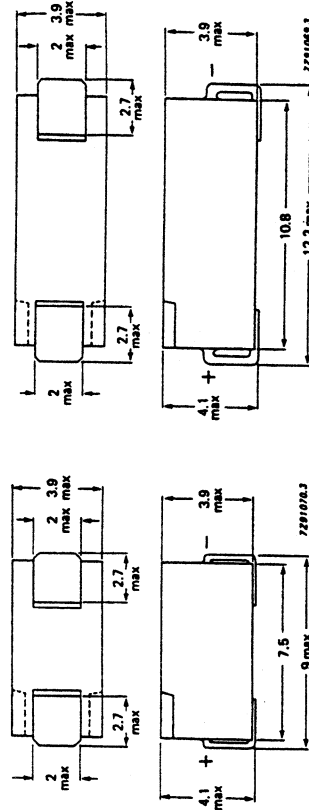


Fig. 1 Physical dimensions, case size 1a.

Fig. 2 Physical dimensions, case size 1.

Marking

The capacitors are marked on the top surface with the following information:

- nominal capacitance
- '-' sign indicating the cathode
- code for rated voltage (see Table 3)

Bevelled edges identify the anode end of the device

The numbers in the code indicate the value in μF , and the position of the rated voltage letter code indicates the position of the decimal point in the value.

Example

3H3 represents 3,3 μF , 63 V.

Table 3 Rated voltage marking code

rated voltage V	code letter
6,3	C
10	D
16	E
25	F
40	G
63	H

Mounting

The capacitors can be placed and soldered on to printed-circuit boards or on to hybrid circuits. Suitable mounting methods include those where the device is totally immersed into a solder bath (260 °C, 10 s), as in wave soldering, and reflow methods where the solder and devices are heated together, as in vapour phase soldering.

AS A RULE, SOLDERING TEMPERATURES AND DURATION SHALL BE THE MINIMUM NECESSARY REQUIRED TO ENSURE GOOD SOLDERED CONNECTIONS.

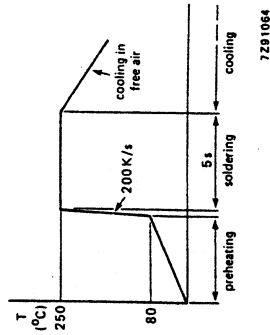


Fig. 3 Typical temperature-time curve for wave soldering.

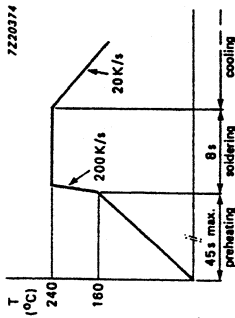


Fig. 4 Typical temperature-time curve for reflow soldering, hot-plate method.

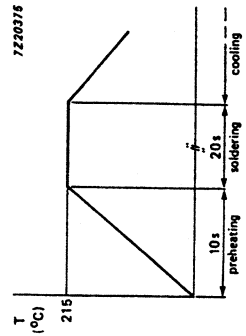


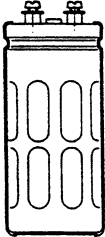
Fig. 5 Typical temperature-time curve for reflow soldering, vapour phase method.

2222 114
2222 115

2222 114
2222 115

NON-SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC CAPACITORS

- Large type with screw terminals
- Long life
- Industrial applications



QUICK REFERENCE DATA

Nominal capacitance range (E6 series) 150 to 220 000 μ F
 Tolerance on nominal capacitance -10 to +30%
 Rated voltage range, U_R 10 to 385 V
 Category temperature range -40 to +85 °C
 Endurance test at 85 °C 8000 hours
 Shelf life at 0 V, 85 °C 500 hours
 Basic specifications IEC 384-4, long-life grade
 DIN 41240
 DIN 41248
 Detail specification 40/085/56
 Climatic category GPF (56 days)
 IEC 68
 DIN 40040
 NF C93-001

Table 1 Selection chart for C_{nom}-U_R and relevant case sizes

C _{nom} μ F	U _R (V)									
	10	16	25	40	63	100	250	350	385	
150										10
220										11
330							10			12a
470							11			14
680							12a	14		15a
1 000							10	14	15a	16a
1 500							10	15a		16a
2 200							10	11	16a	17
3 300				10	10	10	12a	16a	17	
4 700			10	10	11	14	17			
6 800			10	11	12a	15a				
10 000		10	11	12a	14	16a				
15 000	10	11	12a	14	15a	16a				
22 000	11	12a	14	15a	16a	17				
33 000	12a	14	15a	16a	16a					
47 000	14	15a	16a	16a	17					
68 000	15a	16a	16a	17						
100 000	16a	16a	17							
150 000	16a	17								
220 000	17									

Table 2 Case dimensions

case size	nominal dimensions (mm)
10	\varnothing 35 x 60
11	\varnothing 35 x 80
12a	\varnothing 35 x 105
14	\varnothing 50 x 80
15a	\varnothing 50 x 105
16a	\varnothing 65 x 105
17	\varnothing 75 x 105

APPLICATION

These capacitors have extremely low impedance and inductance values and high resistance to shock and vibration which make them suitable for applications such as:

- switched-mode power supplies;
- power supplies in digital equipment;
- energy storage in pulse systems;
- filters in measuring and control apparatus.

DESCRIPTION

The low impedance and inductance are achieved by a special construction with multiple internal anode and cathode connections. The high resistance to shock and vibration is achieved by the longitudinal rills and special internal construction. The capacitors are completely cold-welded and there are no limitations on charge/discharge rate (see paragraph "Charge and discharge current"). The aluminium cases are fully insulated and sealed by a synthetic disc with a vent. The capacitors are delivered with screws and washers.

MECHANICAL DATA

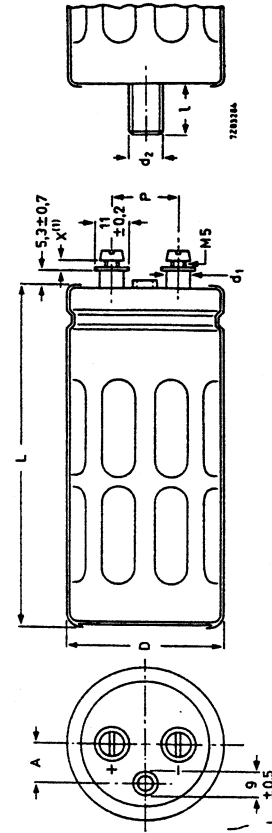


Fig. 1 See Table 4 for dimensions D, L, P, A, d₁, d₂, and I.

(1) Maximum permissible torque which may be applied to the termination screws at various heights (dimension x in drawing) is shown in Table 3.

Table 3 Maximum permissible torque values

x	max. permissible torque (Nm)
2	2
4	1,5
6	1,5

Table 4 Physical dimensions

case size	D	L	P	A	d1	d2 x l	approx. mass grams
10	35	60	13,0	8,4	8	M8 x 12	55
11	35	80	13,0	8,4	8	M8 x 12	80
12a	35	105	13,0	8,4	8	M8 x 12	110
14	50	80	22,0 ± 0,1	14,3	8 ± 0,2	M12 x 16	160
15a	50	105	22,0	14,3	8	M12 x 16	210
16a	65	105	28,5	19,0	11	M12 x 16	370
17	75	105	32,0	21,0	11	M12 x 16	535

Marking

The capacitors are marked with: nominal capacitance, tolerance on nominal capacitance, rated voltage, temperature range, IEC grade, maximum RMS ripple current at 70 °C and 20 kHz, catalogue number, date code (year/week), name of manufacturer.

Mounting

The capacitor may be mounted vertically or horizontally, with or without mounting clamp. For proper functioning the vent should be on the upper side, whether the capacitor is mounted horizontally or vertically. When a number of capacitors are connected in a bank, they must not be closer than 15 mm together when no derating of ripple current and/or temperature is applied. Also see Mounting Accessories, at the end of this data sheet.

Minimum atmospheric pressure

8,5 kPa

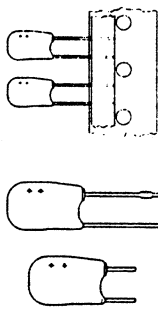
WARNING

NON-SOLID ELECTROLYTIC CAPACITORS MAY CONTAIN CHEMICALS WHICH CAN BE REGARDED AS HAZARDOUS IF INCORRECTLY HANDLED. CAUTION IS NECESSARY SHOULD THE OUTER CASE BE FRACTURED.

SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC CAPACITORS



- Miniature type
- Single ended
- Resin dipped
- Long life
- No derating at maximum temperature
- General and industrial applications



QUICK REFERENCE DATA

Nominal capacitance range (E6 series)
 Tolerance on nominal capacitance $\pm 20\%$ ($\pm 10\%$ to special order)
 Rated voltage range, UR (R5 series)
 Category temperature range
 Usable temperature range
 Endurance test at 125 °C
 at 85 °C

Basic specification
 Climatic category, IEC 68
 DIN 40040
 NF C20-600

5000 hours
 8000 hours
 IEC 384-4, long-life grade
 55/125/56
 FKD/KO/SV
 434
 CECC 30 302.002
 Liste LINZ 44-04 COS-B
 Gam-t-1

Approvals

Table 1 Selection chart for C_{nom}-UR and relevant case sizes

C _{nom} μF	UR (V)					
	6,3	10	16	25	35	40**
0,1						1
0,15						1
0,22						1
0,33						1
0,47						2
0,68						2
1					1	2 [▲]
1,5					1	4
2,2				1	2	4 [▲]
3,3				1	2	4 [▲]
4,7			1	2	3	
6,8			1	2	4	
10	1	2	3	4 [▲]		
15	2	2	4			
22	2	3				
33	3	4				
47	4					
68	4					

* Available to special order.
 ** Up to 85 °C, from 85 to 125 °C, this value is 25 V.
 ▲ Non CECC types.

APPLICATION

Especially for filtering, smoothing, coupling and decoupling purposes in general and industrial applications. These capacitors utilize advanced technology to achieve long life, high reliability, high stability and low temperature dependence.

The capacitors have a very low and stable leakage current, small dimensions and a fixed pitch of 5 mm. The taped versions are suitable for automatic insertion and for cutting and forming equipment.

DESCRIPTION

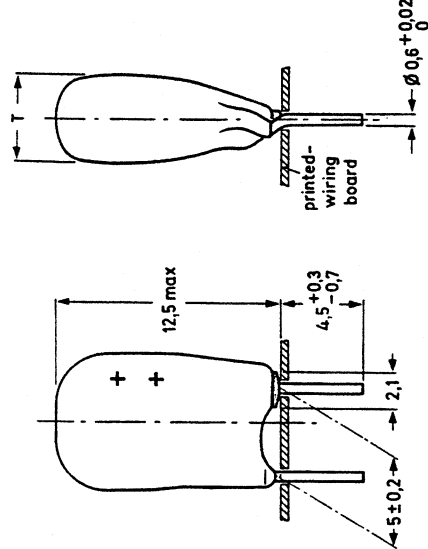
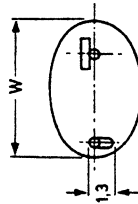
This capacitor is constructed from a highly etched aluminium plate anode, aluminium oxide as a dielectric and a solid semiconductive (manganese dioxide) cathode. The capacitor is coated with an orange synthetic resin.

The capacitor is available in four styles, all with soldered-copper leads:

- style 1: with short leads, in boxes,
- style 2: with long leads of which the anode lead has a flattened area at the end, in boxes,
- style 3: with long leads (without flattened area) on tape on reel, positive leading,
- style 4: with long leads (without flattened area) on tape in ammunition pack.

MECHANICAL DATA

Dimensions in mm*



72684306

Fig. 1 Style 1; see Table 3 for dimensions T and W.
 Note: Capacitors with other lead lengths are available to special order.

* Measured in accordance with IEC 717.

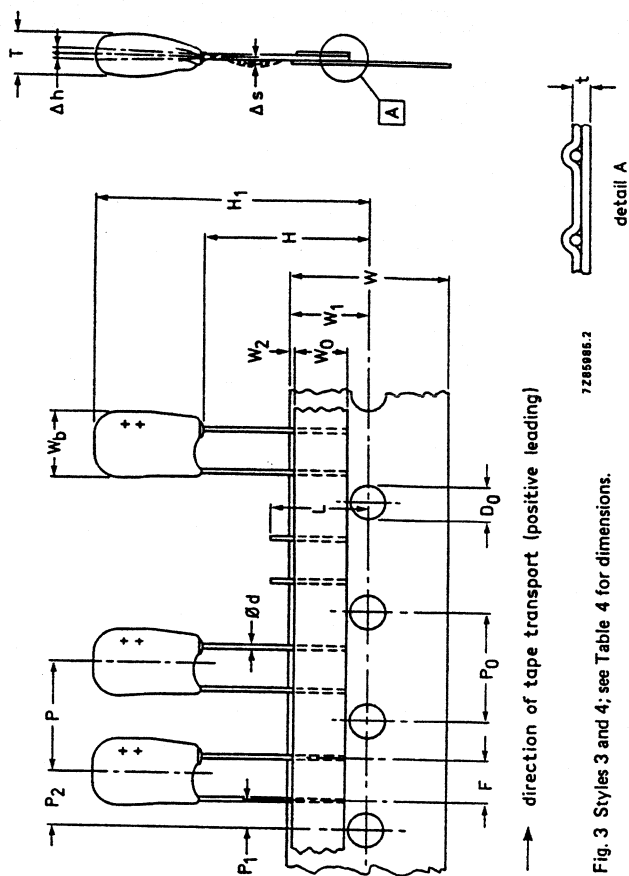


Fig. 3 Styles 3 and 4; see Table 4 for dimensions.

Table 4 Taping dimensions

	symbol	value	tolerance	remarks
Body thickness	T	3,5-4,5-5-6	max.	for case sizes 1, 2, 3 and 4 respectively
Body width	W _b	8	max.	
Component alignment	Δh	0	± 1	
Lead-wire diameter	d	0,6	+ 0,02/-0	
Lead straightness	Δs	0	± 0,2	
Length of snipped leads	L	11	max.	
Lead-to-lead distance	F	5	+ 0,4/-0,2	
Pitch of components	P	12,7	± 1	
Feed-hole pitch	P ₀	12,7	± 0,2	
Feed-hole centre to lead	P ₁	3,85	± 0,5	
Feed-hole centre to component centre	P ₂	6,35	± 1	
Feed-hole diameter	D ₀	4	± 0,2	
Height of component from tape centre	H	18,5	± 0,5	
Component height	H ₁	32	max.	
Tape width	W	18	± 0,5	
Hold-down tape width	W ₀	6	± 0,5	
Hole position	W ₁	9	+ 0,5/-0,2	Feed hole shall be free
Hold-down tape position	W ₂	0,5	+ 0,5/-0,2	
Total tape thickness	t	0,9	max.	

* Cumulative pitch error: ± 0,5 mm/4 pitches, and ± 1 mm/20 pitches.

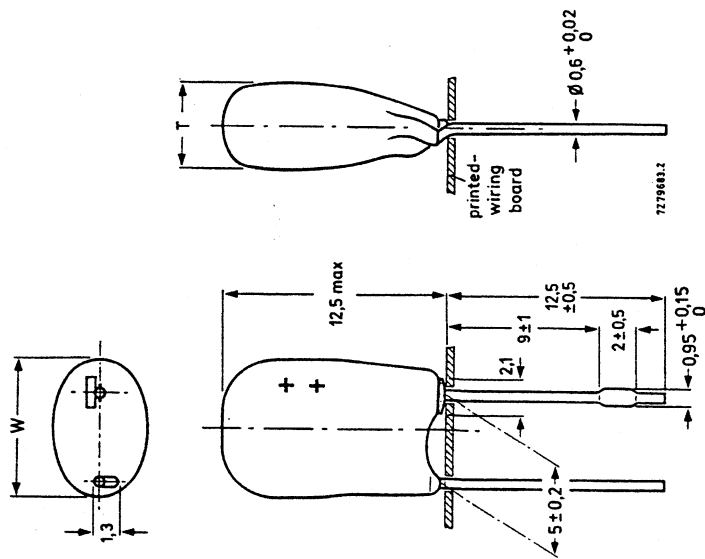


Fig. 2 Style 2; see Table 3 for dimensions T and W.

Table 3 Physical dimensions

case size	T _{max}	W _{max}	mass grams
1	3,5	8	0,35
2	4,5	8	0,38
3	5	8	0,45
4	6	8	0,58

Note: A kink in the cathode lead avoids solder wetting problems of the lacquer dipped leads. The lacquer is so applied that it cannot pass beyond the centre of the kink, thus ensuring a clean surface of the part of the lead in the printed-wiring board hole. (Also suitable for use in plated-through holes).

Marking

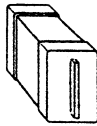
The capacitors are marked with: nominal capacitance, rated voltage, “4” signs to identify the anode terminal, tolerance code (M = $\pm 20\%$, K = $\pm 10\%$), date code (year and month) in accordance with IEC 62, and name of manufacturer.

Mounting

The diameter of the mounting holes in the printed-wiring board is $0,8 \pm 0,1$ mm, except that of the hole for the anode lead of style 2 capacitors: $1,3-0,2$ mm.

When bending, cutting or straightening the leads, ensure that the capacitor body is relieved of stress.

SOLID ALUMINIUM ELECTROLYTIC CAPACITORS



- Surface mounted type
- Supplied in boxes or in blister tape on reel
- Rectangular shape with end caps
- General and industrial applications

QUICK REFERENCE DATA

Nominal capacitance range (E6 series)	0.1 to 68 μ F
Tolerance on nominal capacitance	$\pm 20\%$
Rated voltage range, U _R	4 V to 25 V
Temperature range	-55 °C to + 125 °C
Usable temperature range	-55 °C to + 175 °C
Endurance test at 125 °C	2000 hours
Resistance to soldering heat	260 °C, 10 s; immersion in solder permitted
Basic specification	IEC 384-4, G.P. grade
Climatic category, IEC 68	55/125/56

APPLICATION

These capacitors have been designed for filtering, smoothing and decoupling uses in general and industrial applications. They utilize advanced technology to achieve long life, high reliability, high stability and low temperature dependence.

They are small in dimension and have very low, stable leakage currents. Their dimensions make them ideal for use in applications using hybrid and low-profile printed-circuit technology.

The capacitors have superior mechanical protection and high parameter stability in severe environmental conditions. They are able to withstand temperatures of up to 260 °C for up to 1 minute without causing short or long term degradation. This makes them suitable for fitting to printed-circuit boards or substrates using a variety of methods including dip, vapour phase, or reflow soldering.

The capacitors may be supplied in boxes or in blister tape which allows them to be mounted using automatic placement equipment.

DESCRIPTION

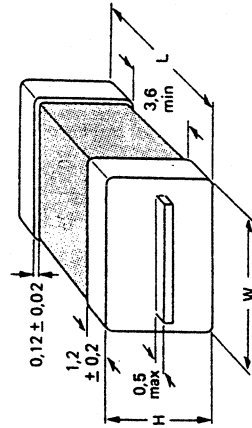
The capacitors are constructed using a highly etched aluminium plate anode, aluminium oxide dielectric and a solid semiconductive (manganese oxide) cathode.

They are housed within blue cases manufactured from a glass fibre thermosetting material which is resistant to high temperatures. Soldered copper caps are fitted at both ends for connection to the circuit. The terminal connections allow for flexibility in the printed-circuit board. The anode terminal is marked with a positive sign adjacent to the relevant end cap.

The capacitors are available either loose in boxes, or in blister tape on reel.

MECHANICAL DATA

Dimensions in mm



7299493.1

Fig. 1 Capacitor outline; see Table 3 for dimensions H, W and L.

Table 1 Selection chart for C_{nom}-U_R and relevant case sizes

C _{nom} μ F	U _R (V)				
	4	6.3	10	16	25
0.1					20
0.15					20
0.22					20
0.33				20	30
0.47				30	40
0.68				40	40
1.0				40	50
1.5				50	60
2.2			20	40	60
3.3			30	50	
4.7		20	30	50	
6.8		30	40	60	
10	20	30	40		
15	30	50			
22	30	40	60		
33	40	50			
47	50	60			
68	60				

Table 2 Case dimensions

case size	nominal dimensions
20	6.5 x 4.4 x 2.9
30	6.5 x 5.5 x 3.4
40	6.5 x 5.5 x 4
50	6.5 x 7.5 x 4
60	6.5 x 7.5 x 5

Table 3 Physical dimensions

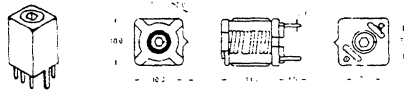
case size	H _{max}	W _{max}	L _{max}	approx mass grams
20	3.0	4.5	6.7	0.25
30	3.5	5.8	6.7	0.30
40	4.1	5.8	6.7	0.35
50	4.1	7.9	6.7	0.50
60	5.2	7.9	6.7	0.60

MARKING

The capacitors are marked with the following information:

- nominal capacitance value
- tolerance code (M = ± 20%)
- rated voltage
- '+' sign to identify the anode terminal
- date code in accordance with IEC 62
- name of manufacturer

Variabele spoel



Variabele spoelen, toepassing o. a. als ingangskring bij ontvangers (FM-band, amateur-banden, LF-ontvangers).

Type	Capaciteit	Induktie	Q	Frekwentie
E526HNA-100078	35pF	0.28uH	105	50MHz
E526HNA-100114	18.5pF	0.13uH	150	100MHz
SH10-683		68mH	70	10-500kHz

Bestelnummer	Omschrijving
02.59.659	Toko spoel E526HNA-100078
02.59.653	Toko spoel E526HNA-100114
02.59.660	Spoel SH10-683

3.1 Variabele spoel

Zelfinducties

Range

Zelfinducties passen wij toe met waarden in de range 0,1 μH tot 10 H.

Bij waarden onder de 0,1 μH moeten we de zelfinductie van de aansluitdraden mee rekenen. Waarden boven de 10 H worden onhandelbaar groot en zwaar.

Wetmatigheden

Wanneer we een constante spanning op een spoel aansluiten stijgt de stroom van nul af monotoon. In de spoel bouwt zich dan een magnetisch veld op, dat evenredig is met de stroom die er loopt. De stroomstijging per seconde is:

$$\Delta I = \frac{U}{L}$$

waarbij ΔI in ampère/sec,
 U in volt
 en L in henry.

Bij aansluiting op sinusvormige wisselspanningen gedraagt de spoel zich voor spanning en stroom praktisch volgens de wet van ohm, waarbij de reactantie:

$$X_L = 2\pi fL$$

met X_L in ohm,
 f in herz
 en L in henry.

Voor lage frequenties is de reactantie laag, voor hoge frequenties is hij hoog.

Spanning en stroom zijn niet in fase. Bij een spoel ijlt de stroom die door de spoel loopt 90° na ten opzichte van de spanning die over de spoel staat.

Waardereeksen

Spoelen zijn geen standaard componenten. Er zijn wel fabrikanten die spoeltjes aanbieden, maar meestal maken zij die op bestelling. In de lagere waarden is de zelfinductie vaak zo'n $\pm 20\%$ te variëren met behulp van een instelkerntje (zie figuur 3.1)

MICROCHOKES (HF SPOELTJES)

AXIALE UITVOERING

- kleine lichtgewicht spoeljes met axiale aansluitdraden
- speciaal ontworpen wikkellichaam voor een hogere Q-factor
- epoxy behuizing tegen invloed van vocht

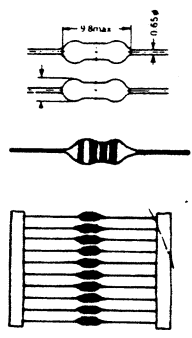
Technische gegevens:

Roeks volgens E 6
 Temperatuurbereik -20 tot +100°C
 Max. werkspanning 250 V rms
 Max. Ohmse weerstand zie label
 Max. DC stroom in mA zie label
 Q factor zie label

Axiale spoeljes:

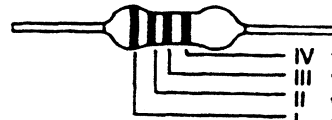
art.nr. omschrijving

430 1002	0,22	µH
430 1003	0,33	µH
430 1004	0,47	µH
430 1006	0,68	µH
430 1010	1	µH
430 1015	1,5	µH
430 1022	2,2	µH
430 1033	3,3	µH
430 1047	4,7	µH
430 1068	6,8	µH
430 1100	10	µH
430 1150	15	µH
430 1220	22	µH
430 1330	33	µH
430 1470	47	µH
430 1680	68	µH
430 2010	100	µH
430 2015	150	µH
430 2022	220	µH
430 2033	330	µH
430 2047	470	µH
430 2068	680	µH
430 2100	1	mH



zelf-inductie-waarde in µH	tolerantie: ring IV	kwaliteits-factor		max. DC weerstand Ω	max. DC stroom mA	kleurcode		
		Q	bij			I	II	III
0,22	±20%	45	25,2	0,10	1400	rood	rood	zilver
0,33		45		0,12	1280	oranje	oranje	
0,47		45		0,14	1150	geel	violet	
0,68		45		0,16	1030	blauw	grijs	
1	zwart	45	7,96	0,19	920	bruin	zwart	goud
1,5		50		0,23	830	bruin	groen	
2,2	±10%	55	2,52	0,28	750	rood	rood	zilver
3,3		65		0,34	670	oranje	oranje	
4,7		70		0,39	620	geel	violet	
6,8		75		0,48	550	blauw	grijs	
10		65		0,58	500	bruin	zwart	
15		50		0,72	460	bruin	groen	
22		55		0,84	410	rood	rood	
33		45		1,03	370	oranje	oranje	
47		45		1,22	340	geel	violet	
68		40		1,47	305	blauw	grijs	
100	30	1,80	275	bruin	zwart			
150	45	4,20	175	bruin	groen	bruin		
220	55	5,10	155	rood	rood			
330	65	6,40	137	oranje	oranje			
470	60	7,70	126	geel	violet			
680	55	9,40	113	blauw	grijs			
1000	50	14	100	bruin	zwart			

3.2a Microchokes



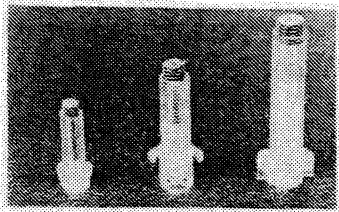
IV tolerantie
 III vermenigvuldigingsfactor
 II waarde van de zelfinductie
 I waarde van de zelfinductie

WIKKELICHAAMEN met FERRIETKERNEN:

Neosid ferrietmaterialen kenmerken zich door grote nauwkeurigheid en kwaliteit. Een overzicht van de door ons standaard op voorraad gehouden kernen en (onbewikkelde) houders:

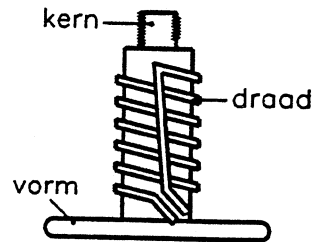
art.nr. omschrijving

432 0030	3 mm ferrietkern + houder
432 0040	4 mm ferrietkern + houder
432 0050	5 mm ferrietkern + houder
432 0060	6 mm ferrietkern + houder

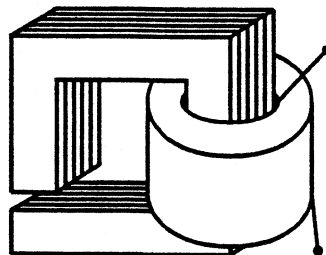


3.3a Standaardkernen (zelf te bewikkelen)

3.2b Tabel kleurcodes microchokes



3.3b Spoel met kleine variabele zelfinductie



3.4 Spoel met ijzerkern ter verhoging zelfinductie

Microchokes zijn er in reeksen, net als weerstanden en condensatoren. Hun waarde is niet te variëren (zie figuur 3.2a en 3.2b)

Nauwkeurigheid

Microchokes hebben een nauwkeurigheid van 10%. Spoelen met instelbare zelfinductie kunnen nauwkeurig op de gewenste waarde worden gebracht. Zij blijven ook na langere tijd netjes op deze waarde staan.

Bijna alle spoelen hebben een kleine positieve temperatuurscoëfficiënt. Door verhoging van de temperatuur zet de spoel uit en wordt groter, zowel in afmetingen als in waarde.

Konstruktie

Spoelen met kleine zelfinductie bestaan uit een stukje opgewonden koperdraad om een spoellichaam. Hierin zit vaak een kerntje van ferromagnetisch materiaal (b.v. poeder ijzer). Het kerntje kan met een schroevendraaiertje verder of minder ver in het spoeltje worden gedraaid. Daardoor verandert de zelfinductie (zie figuur 3.2a en 3.2b)

Microchokes zijn spoeltjes met een vaste waarde, die geheel in ferromagnetisch materiaal zijn ingebed. Ze zien eruit als weerstanden en hebben zelfs ringen in kleurcode. Waarden van 1 μ H tot 50 mH.

Zelfinducties met grotere waarden hebben een in zichzelf gesloten ijzerkern. Dat kan zijn van plaatjes blik, net als van transformatoren, of van ferroxcube, een keramisch materiaal (zie figuur 3.4)

Ontstoorspoelen hebben een uit meerdere lagen samengestelde ringkern. (zie figuur 3.5)

Beperkingen

- Stroom:

De draaddikte van een spoel verdraagt stromen tot een bepaald maximum. Daarboven wordt de draad te warm en verbrandt de spoel.

Een ijzerkern van een spoel verhoogt de zelfinductie. Wordt er een gelijkstroom door de spoel gestuurd, dan kan het kernmateriaal door het hoge magnetische veld in verzadiging worden gestuurd. De gewenste vergroting van de zelfinductie door het kernmateriaal vervalt dan geheel of gedeeltelijk.

- Verliezen:

In principe gaat er bij het opbouwen van het magnetisch veld en het afbreken ervan geen energie verloren. Maar:

- de ohmse weerstand van de draad zorgt voor warmte ontwikkeling door de stroom. Koperdraad heeft geen oneindig kleine weerstand. Dit heten "koperverliezen".

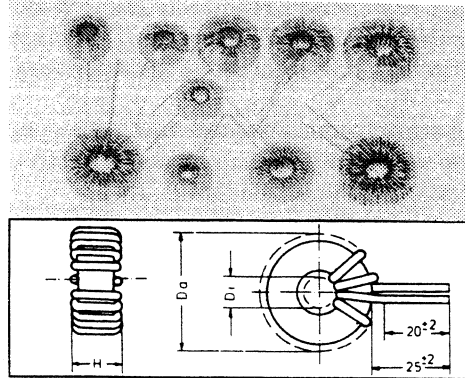
- bij het magnetiseren en demagnetiseren van een kern gaat een beetje energie verloren. Gebeurt dat vaker per tijdseenheid (hogere frequentie), dan gaat er meer energie verloren. Dit noemt men de "ijzerverliezen".

ONTSTOORSPOELEN

Een uit meerdere lagen samengestelde ringkern, gemaakt van gesinterd metaalpoeder. De kern is bewikkeld met geïsoleerd koperdraad, waarvan de uiteinden vertind zijn. Ze worden voornamelijk gebruikt om stoor signalen uit het lichtnet op te vangen, en omgekeerd, om opgewekte stoorimpulsen (bv. uit triac schakelingen) tegen te houden.

art.nr.	omschrijving	Ind	I	Da	H	Ddm	wdg
433.1020	SFT 830S	26 μ H	2	16,0	8,0	0,6	30
433.1040	SFT 830D	45 μ H	2	16,5	11,5	0,6	30
433.1041	SFT 1030	40 μ H	3	21,5	11,0	0,8	30
433.1050	SFT 1240	64 μ H	5	26,0	12,0	1,0	40
433.1052	SFT 1040 ²	72 μ H	3	22,0	11,5	0,8	40
433.1053	SFT 840D ²	80 μ H	2	16,5	11,5	0,6	40
433.1051	SFT 1250	100 μ H	5	26,0	12,0	1,0	50

(Ind = inductie, I = stroom in Amp., Da = buitendiameter, H = dikte, Ddm = draaddoorsnede, wdg = aantal windingen)



3.5 Ontstoor spoel

- Kwaliteitsfactor:
De verliezen zijn voor te stellen door een (lage) weerstand R in serie met de ideaal gedachte spoel.

Om hier een maat voor te hebben die een relatie heeft met de zelfinductie L is de kwaliteitsfactor Q ingevoerd.

$$\text{Deze is: } Q = \frac{X_L}{R} = \frac{2\pi fL}{R}$$

Dus: veel L gecombineerd met weinig R geeft een hoge Q en dus een redelijk ideale spoel.

Gebruik

In verband met de vrij hoge prijs en de relatief grote afmetingen worden spoelen, als dat enigszins kan, vermeden. In enkele toepassingen zijn zij nog niet te vermijden.

Jargon

Electronici mijden het lange woord "zelfinductie" en hebben het meestal over een L. Ook de kwaliteitsfactor Q is in het spraakgebruik ingeburgerd, aanbevelingen als "High-Q" zijn heel gewoon.

Kosten

Een spoeltje in de vorm van een opgekruld stukje draad hoeft niet veel te kosten, maar dan moeten er ook geen eisen aan de precieze zelfinductie worden gesteld.

Kleine spoeltjes met kerntje in waarden van 0,1 μH tot 1 mH kosten 30 tot 50 cent. Microchokes kosten 25 cent.

Documentatiebladen

Omdat spoelen eigenlijk geen standaard onderdelen zijn, maar meestal worden ontwikkeld voor een bepaalde toepassing, zijn er ook geen uitgebreide documentatie bladen.

Transformatoren

Range

Transformatoren worden vaak op bestelling gemaakt, maar voor zeer veel voorkomende toepassingen zijn standaard transformatoren te koop. Het overgrote deel gaat uit van een primaire spanning van 220 volt en/of 110 volt en transformeert naar een lagere of hogere spanning. Vaak bestaat de primaire uit twee wikkelingen van 110 volt, die naar believen in serie voor 220 V of parallel voor 110 V geschakeld kunnen worden. Er kunnen ook meer secundaire wikkelingen zijn. Standaardwaarden voor de secundaire spanningen zijn 6, 9, 12, 15, 18 of 24 volt.

Alhoewel dat geen principiële beperking is, komt men weinig transformatoren tegen met een secundaire spanning lager dan 3 volt. Een hierop aangesloten gelijkrichter veroorzaakt een spanningsdaling van 1,5 volt en dan blijft er zo weinig over. Bij secundaire spanningen hoger dan 1000 volt moeten er speciale maatregelen genomen worden om te voorkomen dat er overslag optreedt.

Wetmatigheden

Een transformator is in het ideale geval een verliesvrij component, dus:

$$P_{in} = P_{uit}$$

In de praktijk is dit niet zo, maar heeft een transformator een rendement van 80% voor kleine typen tot 95% voor grote typen.

De werking van een transformator berust op een verschil in windingen aantal tussen de primaire en de secundaire wikkeling. Voor een transformator met n_p primaire windingen en n_s secundaire windingen geldt:

$$U_{in} : U_{uit} = n_p : n_s$$

Omdat het vermogen dat er bij de secundaire uit komt even groot is als het vermogen dat er primair ingaat moeten de stromen zich omgekeerd verhouden, dus:

$$I_{in} : I_{uit} = n_s : n_p$$

Sluiten we op een transformator secundair een belastingsweerstand aan, dan zien we primair schijnbaar een weerstand die het kwadraat van de wikkelverhouding kleiner of groter is:

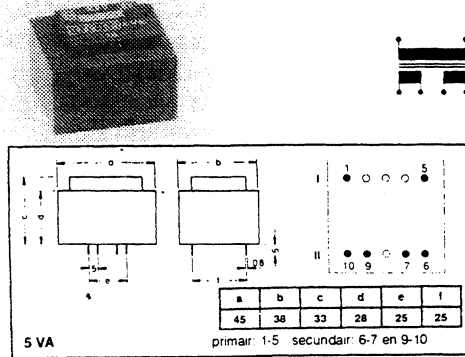
$$R_p : R_s = (n_p / n_s)^2$$

INGEGOTEN TRANSFORMATOREN 5 VA
(uitvoering met twee secundaire wikkelingen)

Een kleine trafo voor printmontage. Voldoet aan VDE 0551. De trafo is gewikkeld op een gescheiden wikkellichaam en daarna ingegoten. De trafo is niet kortsluitvast. Er zijn printpennen voor direkte montage op print.

Technische gegevens:
 Primaire spanning: 220 Volt AC 50 / 60 Hz
 Afmetingen: 45 x 38 x 33 mm
 Aansluiting: zie tekening

art.nr.	typenr.	spanning/stroom	vermogen
420.4062	WL606-2	2x6 Volt / 2x0,41A	5 VA
420.4072	WL607-5-2	2x7,5 Volt / 2x0,33A	5 VA
420.4092	WL609-2	2x9 Volt / 2x0,27A	5 VA
420.4122	WL612-2	2x12 Volt / 2x0,20A	5 VA
420.4152	WL615-2	2x15 Volt / 2x0,16A	5 VA



4.1

Voorbeeld: Een transformator van 220 naar 22 volt (10 : 1) wordt aangesloten op een weerstand van 22 ohm.
Secundair staat er 22 V, er loopt dus 1 A.
Primair staat er 220 V en loopt er 0,1 A.
Dat gebeurt er ook als we een weerstand van 2200 ohm hadden aangesloten.

Nauwkeurigheid

Bij het wikkelen van transformatoren wil er wel eens een winding meer of minder gelegd worden. Afwijkingen van één á twee procent zijn normaal. Bovendien is de secundaire spanning afhankelijk van de afgenomen stroom. Tussen onbelast en maximale belasting kan die spanning wel 10% zakken. De netspanning is ook nooit precies 220 V. De ontwerper moet met al deze factoren rekening houden.

Konstruktie

De wikkelingen van transformatoren bestaan uit koperdraad geïsoleerd met een laklaag. De huidige lak is zeer dun, sterk en hittebestendig. Tijdens het gebruik kan het draad zelf meer dan 100° warm worden. De primaire en secundaire wikkelingen worden meestal over elkaar heen gewikkeld op een spoelkoker. Daarna wordt door de koker de ijzerkern gestoken. Van oudsher bestaat deze kern uit E en I blikjes, die om en om gestapeld worden en aldus een gesloten magnetisch circuit als een mantel om de wikkelkoker vormen. Er zijn andere kerntypen ontwikkeld die deelbaar zijn en niet meer gestapeld hoeven te worden. Daarbij kan men de wikkelingen over twee spoelkokers verdelen. Wanneer de galvanische scheiding van primaire en secundaire aan heel hoge eisen moet voldoen wikkelt men de beide wikkelingen op aparte kokers. Deze kunnen naast elkaar liggen of over elkaar heen geschoven worden. Dit kost ruimte, die anders voor meer draad gebruikt had kunnen worden. Het vermogen van de transformator wordt daardoor dus minder. Wanneer ruimte een probleem is gebruiken we ringkerntrafo's. De wikkelingen zijn hierbij verdeeld over de gehele toroïdale ijzerkern: Dit soort transformator paart een minimale hoeveelheid ijzer aan een minimale lengte aan draad. Voor het wikkelen is speciale apparatuur nodig, want de draad moet iedere winding door de toroïde worden gestoken. Ringkern trafo's zijn daarom aanzienlijk duurder dan mantelkerntrafo's. Een transformator met variabele uitgangsspanning maakt men door over de bloot liggende secundaire wikkeling een sleepcontact te laten glijden. De spanning kan zo winding voor winding gekozen worden. Wanneer galvanische scheiding niet nodig is kan het voordelig zijn een transformator met slechts één wikkeling te maken, waarop een aftakking zit. Omdat nu geen ruimte voor twee aparte wikkelingen nodig is kan men dikker draad gebruiken en kan de afgegeven stroom groter zijn. Het aantal VA stijgt dan voor een gegeven kern, of men kan met een kleinere kern toe.

Beperkingen

Bij een transformator wordt opgegeven het maximale vermogen dat deze kan verwerken. Er is een maximale spanning die op de wikkeling mag komen te staan en er is een maximale stroom die er mag lopen. Daarbij maakt het niet uit of de stroom in fase is met de spanning of dat zij in fase verschoven zijn. In het eerste geval hebben we het over een echt vermogen in watt, in het tweede geval is het echte vermogen lager dan U maal I .

Men spreekt daarom over een maximum aan volt maal ampère, kortweg VA. De beperkingen zijn hiervan afhankelijk:

- Bij het aansluiten van een hogere spanning wordt de kern verder gemagnetiseerd. Daaraan is een grens, de z.g. verzadiging van het ijzer. Gaan we daar over heen dan neemt de stroom die de transformator bij nullast opneemt zeer sterk toe. De transformator wordt daardoor warm en het rendement neemt scherp af.
- Een grotere stroom door de koperdraden veroorzaakt een grotere warmte ontwikkeling. Dat gaat kwadratisch, een twee maal grotere stroom dissipeert viermaal zoveel.

Gebruik

De meeste transformatoren worden gebruikt als voedingstransformator voor elektronische circuits. Het doel is dan:

- het met een behoorlijk rendement verlagen van de spanning van 220 V naar een prettige waarde,
- het verzorgen van een galvanische scheiding met het lichtnet.

Een toepassing van de transformator met slechts één wikkeling is de verhuistransformator. Deze transformeert van 110 naar volt 220 of andersom. Eventueel zijn nog andere spanningen zoals 127 volt (USA) en 100 volt (Japan) te kiezen. Omdat de aan te sluiten apparaten van zichzelf geïsoleerd moeten zijn is een extra galvanische scheiding niet nodig. In werkplaatsen en voor buiten gebruikt men om veiligheidsredenen vaak verlichting op 24 volt. Hiervoor zijn speciale veiligheidstransformatoren met wikkelingen op gescheiden spoelkokers.

Het kan voorkomen dat men alleen een galvanische scheiding nodig heeft. Daarvoor zijn z.g. scheidingstransformatoren ontwikkeld. Deze hebben twee identieke wikkelingen, dus van 220 V naar 220 V op gescheiden wikkelkokers.

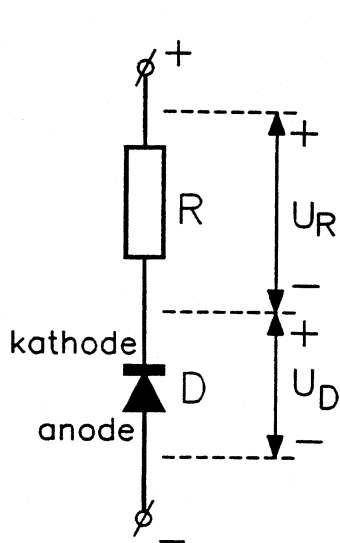
Halogeenverlichting brandt op 12 V. Hiervoor zijn ook speciale transformatoren verkrijgbaar in voor deze verlichting gebruikelijke vermogens.

Jargon

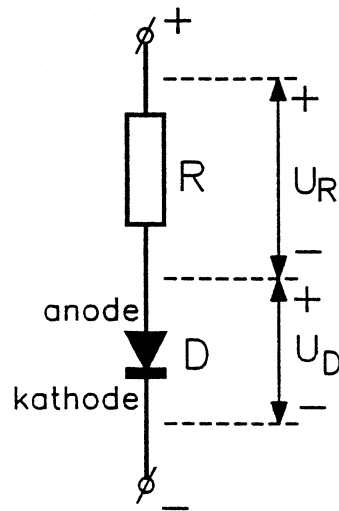
In het spraakgebruik is het woord "transformator" veel te lang. Bijna altijd heeft men het over een "trafo". Een variabele transformator noemt men "variac". Een transformator met één wikkeling met een aftakking heet een auto-transformator (auto = zelf) of auto-trafo.

Kosten

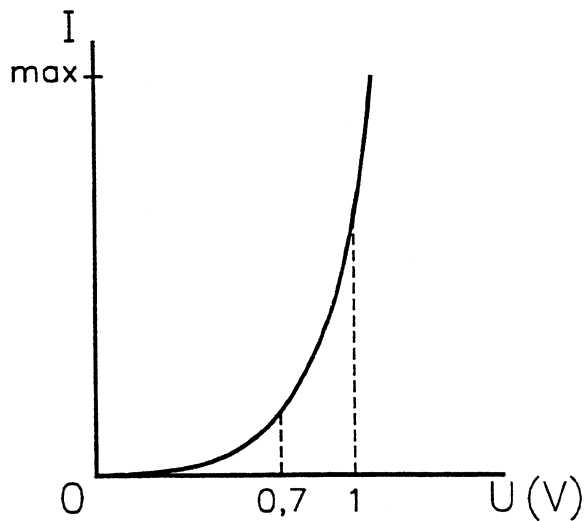
Transformatoren zijn door hun constructie en de eisen voor veiligheid vrij duur. De kleinste typen kosten toch nog altijd een paar gulden in grote aantallen. Grotere transformatoren kosten van 10 tot 30 gulden. Ringkerntrafo's zijn ongeveer twee keer zo duur als mantelkerntrafo's voor hetzelfde vermogen.



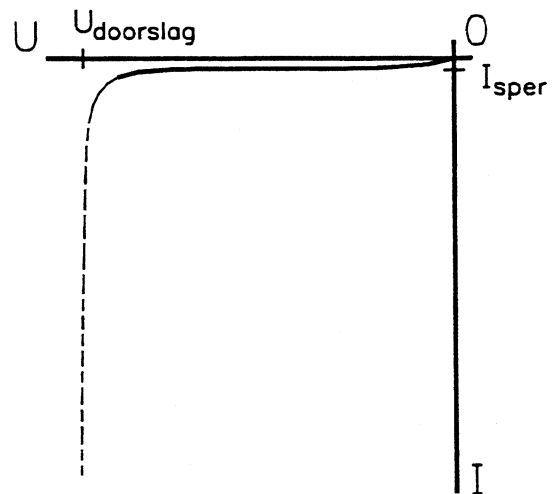
- 5.1
- de weerstand van de diode is (zeer) hoog;
 - de stroom die er loopt is zeer klein;
 - de spanning van de weerstand is zeer laag;
 - vrijwel alle spanning staat over de diode



- 5.2
- de weerstand van de diode is laag;
 - de stroom die er loopt wordt bepaald door de twee waarden van de weerstand (Wet van Ohm);
 - de spanning over de diode is laag (0,7 tot 1V)
 - vrijwel alle spanning staat over de weerstand



5.3 Doorlaatkarakteristiek van een siliciumdiode



5.4 Sperkarakteristiek.
Omdat de stroom en spanning in de tegenovergestelde richting zijn, worden ze negatief weergegeven

5.5 Pro-electron codering van dioden
b.v. BAV 62

<i>eerste letter</i>	:	halfgeleidermateriaal:	A = Germanium, B = Silicium, C = Gallium-Arseen
<i>tweede letter</i>	:	toepassing:	A = klein signaal, B = varicap, Y = voedingsrichting, Z = zenerdiode
<i>derde letter</i>	:	speciale eigenschappen, maar is erg onduidelijk	
<i>getal</i>	:	volgnummer, lang niet alles bestaat	

Dioden

Range

Dioden komen niet in een bepaalde reeks voor zoals weerstanden en condensatoren en hebben ook geen waarde-eenheid zoals de ohm of de farad. Wel zijn er verschillende typen met elk weer andere eigenschappen.

De voornaamste eigenschappen waardoor diodentypen van elkaar onderscheiden worden, zijn: het materiaal waaruit ze gemaakt worden en de maximale waarden van de sperspanning, de doorlaatstroom, de piekstroom en de dissipatie die zij kunnen verdragen. Ook de doorlaatspanning en de sperstroom kunnen van belang zijn voor de keuze van een diode.

De tabel hieronder geeft de waardebereiken van de belangrijkste eigenschappen weer.

<u>eigenschap</u>	<u>waardebereik</u>
maximale sperspanning	: 15 - 1250V
doorlaatspanning	: 0,2 - 1,5V
maximale doorlaatstroom	: 100mA - 12A
piekstroom	: 200mA - 140A
sperstroom	: 50nA - 100 μ A

Wetmatigheden

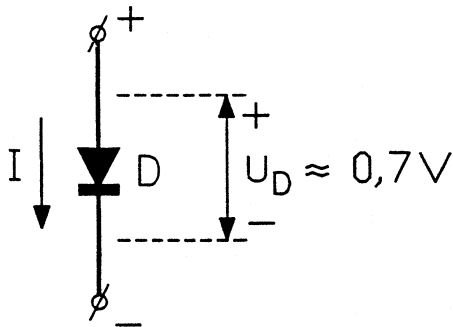
Een ideale diode laat de stroom maar in een richting door, waarbij de stroom onbeperkt kan toenemen zonder dat er een doorlaatspanning over de diode ontstaat. De voorgaande tabel geeft al aan dat dat in de praktijk niet haalbaar is (de minimale doorlaatspanning is 0,2V en loopt op bij toenemende stroom). In het algemeen gaat men daarom uit van ideale dioden met een constante doorlaatspanning van 0,6V; de andere eigenschappen veronderstelt men ideaal (zie figuur 5.1 t/m 5.4)

Waardereeksen

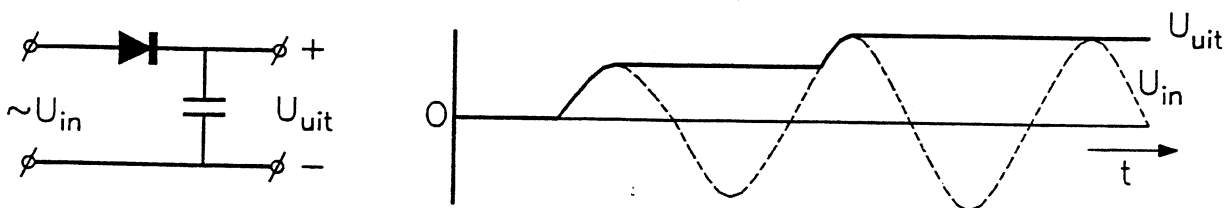
Dioden komen niet voor in waardereeksen. Wel hebben ze typenummers. Voor Amerikaanse typen ziet dat eruit als 1N...., met op de stippen een nummer waar verder niets aan te zien is. Voor Europese dioden bestaat het typenummer uit 2 of 3 letters gevolgd door een getal, bijvoorbeeld BY127, BAV62 of BZY82. De letters zeggen iets over het halfgeleidermateriaal en de toepassing, het nummer is een volgnummer en zegt niets (zie figuur 5.5). Wie veel met dioden werkt, kent enige typen uit zijn hoofd en gebruikt die bij voorkeur. Ook zijn er typenreeksen die ingedeeld worden naar waarden van een bepaalde eigenschap, bijvoorbeeld naar oplopende maximale sperspanning, waarbij de andere eigenschappen gelijk blijven.



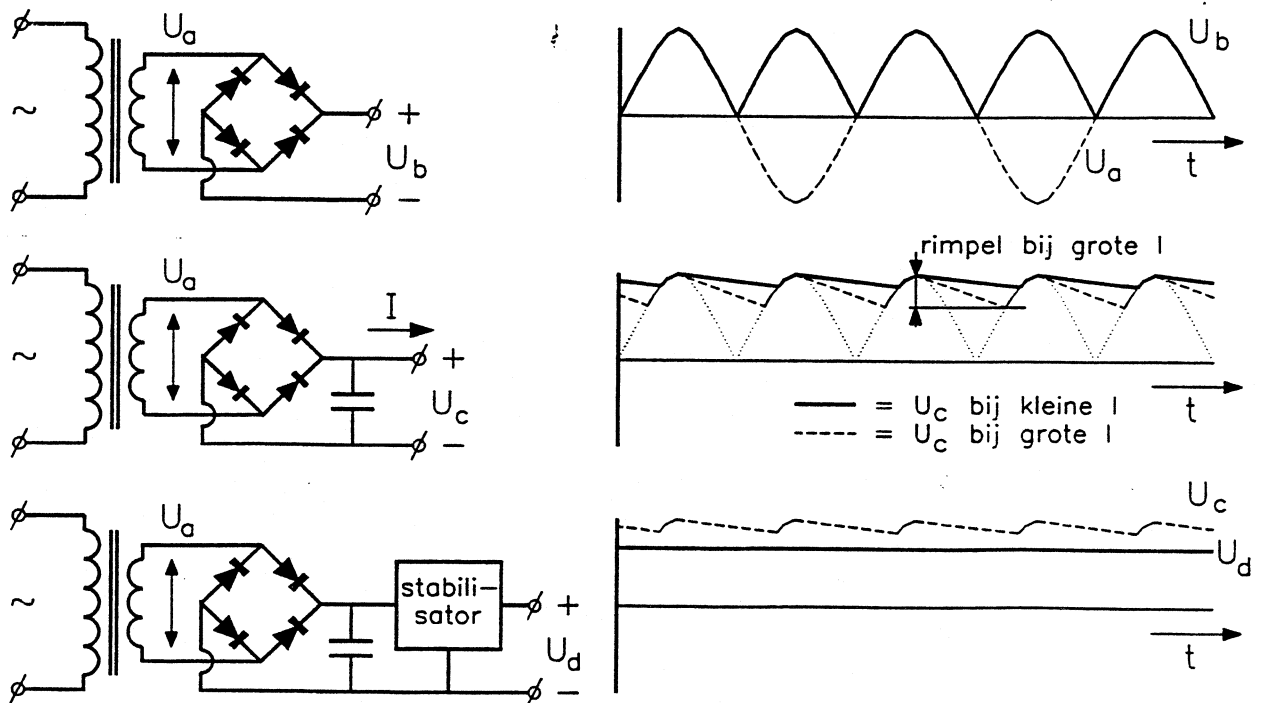
5.6 Opbouw van een diode: een p- en een n-laag



5.7 Warmteontwikkeling in een diode in doorlaat.
Ontwikkelde warmte $P = U \times I = 0,7 \times I$.
Bij 100A is dat toch nog altijd 700W!



5.8 Topgelijkriching van een wisselspanning



5.74

5.9 Voedingsgelijkricher

Nauwkeurigheid

De vorm van de doorlaatkromme is verregaand bepaald door de natuurkundige verschijnselen waarop de werking berust. De spanning in doorlaat is temperatuurafhankelijk. De opgegeven maximale sperspanning is aan de veilige kant.

Konstruktie

Dioden worden gemaakt uit halfgeleidermateriaal: Silicium of Germanium. Met behulp van diffusie of epitaxie wordt een P-N dubbellaag gerealiseerd in een dun schijfje silicium, waarmee het ingebouwd elektrisch veld ontstaat dat de werking van de diode realiseert (zie figuur 5.6) De P- en de N-zijde van het schijfje silicium worden voorzien van aansluitdraden en het geheel wordt in een glazen, kunststof of geïsoleerd metalen huis geplaatst. Het type behuizing is afhankelijk van de stroom die de diode moet kunnen doorlaten en de daarmee gepaard gaande warmteontwikkeling (dissipatie). Wordt deze te groot, dan moet de diode op een koelplaat of -lichaam worden geschroefd.

Beperkingen

De spanning over de diode in spertoestand moet onder alle omstandigheden lager zijn dan de gespecificeerde maximale sperspanning. Dit geldt ook voor korte perioden.

De temperatuur van de sperlaag (PN-overgang) mag niet hoger worden dan 150°C. Wanneer er stroom in doorlaat loopt wordt hier warmte ontwikkeld. (zie figuur 5.7) Deze warmte moet adequaat worden afgevoerd.

Gebruik

Dioden worden gebruikt voor:

- Topwaardemeting:

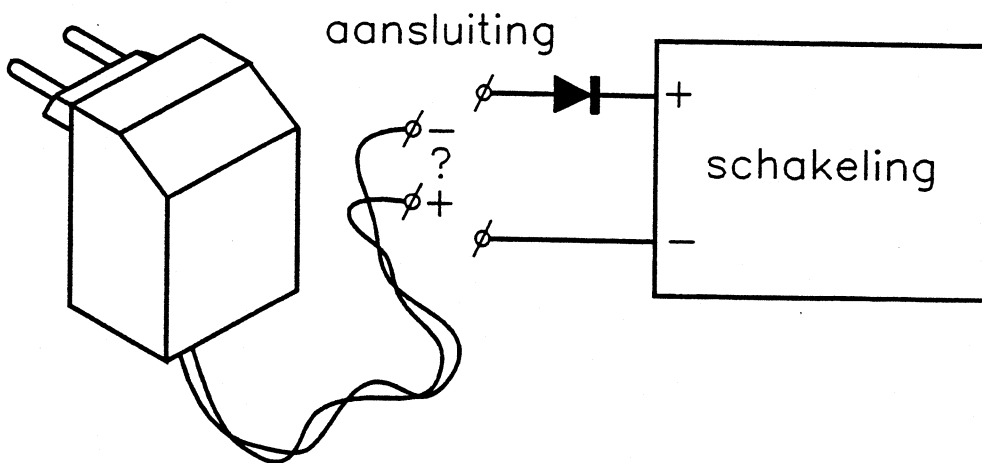
Om de topwaarde van een wisselspanning te kunnen meten, wordt deze eerst gelijkgericht en vervolgens op een condensator aangesloten (zie figuur 5.8). Omdat deze schakeling niet belast wordt, wat bij voedingen wel het geval is (zie hieronder), zal er nauwelijks een rimpel op de spanning over de condensator aanwezig zijn. Deze spanning is dan gelijk aan de topwaarde van de oorspronkelijke wisselspanning en kan met een eenvoudige gelijkspanningsmeter gemeten worden.

- Voedingen:

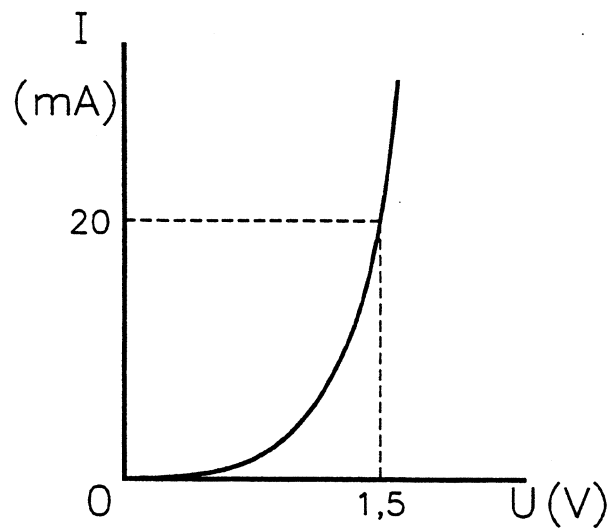
Een gelijkrichtbrug bestaande uit vier dioden, maakt van een sinusvormige wisselspanning uit een transformator, een spanningsvorm waarvan de negatieve delen van de sinus zijn gespiegeld in de x-as (zie figuur 5.9) Deze spanning wordt vervolgens afgevlakt door een grote condensator parallel te schakelen. Deze wordt dan pulsgewijs opgeladen. Als deze vrij ruwe gelijkspanning gestabiliseerd wordt (bijvoorbeeld met een spanningsstabilisator-IC), is een gelijkspanningsvoeding gerealiseerd. Hiermee kunnen andere schakelingen van energie voorzien worden.

- beveiliging tegen verkeerd om aangesloten voedingsspanningen.

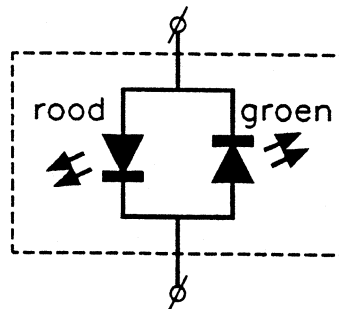
Batterijgevoede apparaten kunnen ook gevoed worden door een zogenaamde net-adapter. De polariteit van de adapteraansluiting klopt echter niet wanneer de spanning verkeerd om op het apparaat wordt aangesloten. Een diode in serie met de te voeden schakeling zorgt er in dat



5.10 Polariteitsbeveiliging



5.11 Stroom-spanningskarakteristiek van een LED in doorlaat



5.12 Dubbel LED (twee kleuren LED): twee LED's in één omhulling anti-parallel geschakeld. Als de stroom naar beneden loopt is hij rood, is de stroom omhoog gericht, straalt hij groen. Bij wisselstroom zien we ze beiden en lijkt hij geel.

geval voor dat er geen stroom loopt; de diode spert, het apparaat werkt niet. In de goede richting wordt de stroom wel doorgelaten (zie figuur 5.10).

Speciale dioden zijn:

- LED's (Light Emitting Diodes)

Een zeer veel toegepaste lichtsignaalgever is de LED. Dit is een Gallium-Arsenide-diode die in doorlaat aangesloten, licht uitzendt. De doorlaatspanning is hierbij ongeveer 1,7V bij een stroom van 20mA (zie figuur 5.11). Er zijn rode, groene, gele en blauwe LED's. De behuizing van een LED verschilt per toepassing: rond, rechthoekig, driehoekig of zelfs een balkje van LED's naast elkaar in bijvoorbeeld VU-meters. Figuur 5.12 verklaart de werking van de twee kleuren LED. De voordelen van LED's boven gloeilampjes zijn het geringe stroomverbruik, de hoge kleurintensiteit, de geringe afmetingen en de veel langere levensduur.

Als je een LED koopt, zie je dat de pootjes niet even lang zijn. De langere is de anode (+) en de kortere de kathode (-). Op een batterij van 4,5 volt zou de LED met een voorschakelweerstand van 270 ohm goed moeten werken (zie figuur 5.2).

- Zenerdioden

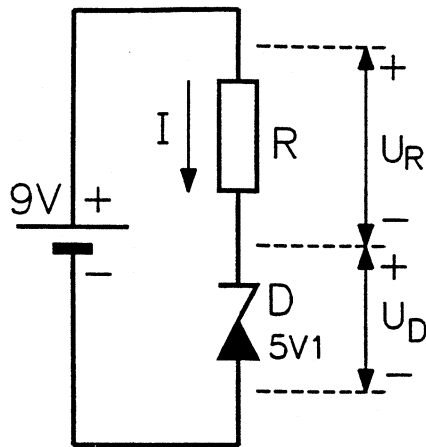
Een diode spert maar tot een bepaalde spanning. Boven die spanning zal de diode stroom gaan doorlaten, de diode slaat door. Deze stroom loopt dan in de tegenovergestelde richting van de normale doorlaatstroom. Dit doorslaan heet zeneren (klemtoon op eerste lettergreep). De spanning over de diode heeft daarbij een bepaalde vaste waarde (de zenerspanning: 5 tot 1000 maal de doorlaatspanning) en is net als in de doorlaatrichting onafhankelijk van de stroom erdoor.

Zenerdioden zijn nu dioden die speciaal op een bepaalde zenerspanning ($= U_{\text{doorlag}}$, zie figuur 5.4) worden ontworpen. Ze zijn leverbaar in de E24-reeks met zenerspanningen van 2,4 tot 75V ($\pm 5\%$) met als maximale dissipatie 0,5 tot 2W.

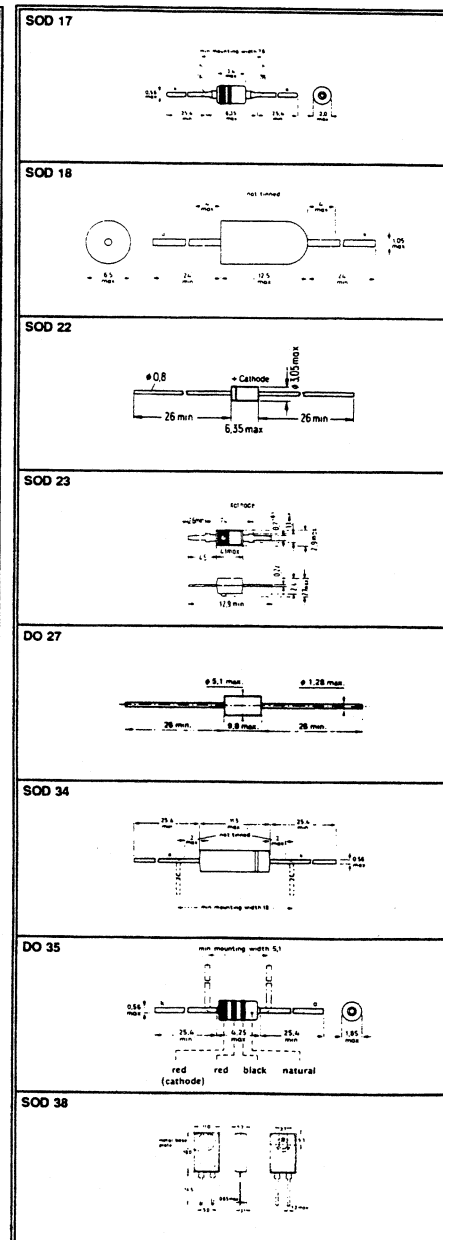
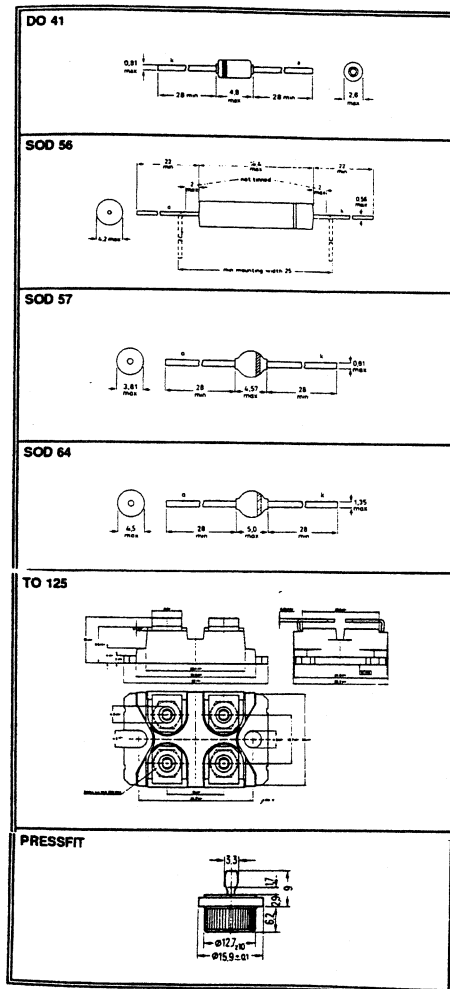
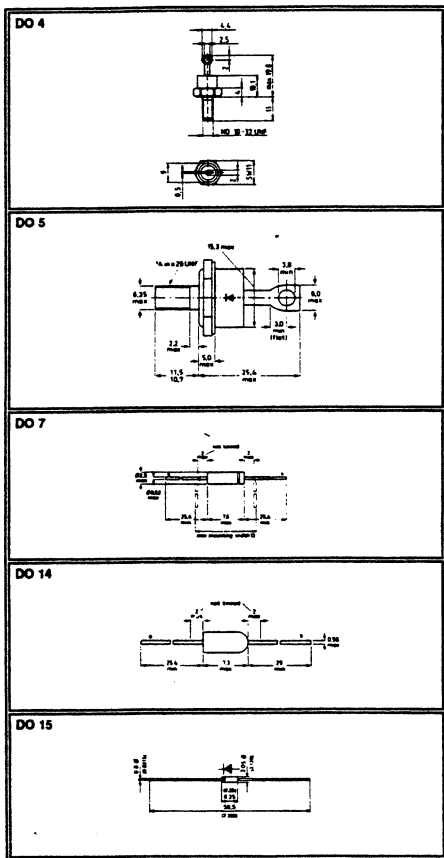
Men gebruikt zenerdioden vaak om een spanningsbron te realiseren. Men laat de diode dan opzettelijk zeneren, en stelt de stroom in met een serieweerstand, net als bij een LED (zie figuur 5.13). Over de zenerdiode staat dan de bronspanning, die binnen bepaalde grenzen onafhankelijk is van de stroom die aan deze spanningsbron onttrokken wordt, en van de spanning over de serieschakeling van zenerdiode en weerstand. Deze methode wordt vaak gebruikt in voedingen waar een spanning gestabiliseerd moet worden en in schakelingen in het algemeen waar een lichte spanningsbron nodig is.

Jargon

Dioden worden altijd aangeduid met de letter D, evenals LED's en zenerdioden. In het jargon blijft een diode (waarschijnlijk door de toch al korte naam), een diode. 'Zenerdiode' is weer te lang en wordt 'zener', en 'LED' wordt vaak 'LED'tje'.



5.13 Zenerdiode D zenert bij 1,5V.
 Hoe groot moet R zijn bij een stroom van 15mA? (U_{batt} is 9V)
 $U_R / I_R = (9-5.1) 15\text{mA} = 260\Omega$.
 De dissipatie in de zenerdiode is $5,1\text{V} \times 15\text{mA} = 76,5\text{mW}$
 De weerstand dissipeert $3,9\text{V} \times 15\text{mA} = 58,5\text{mW}$



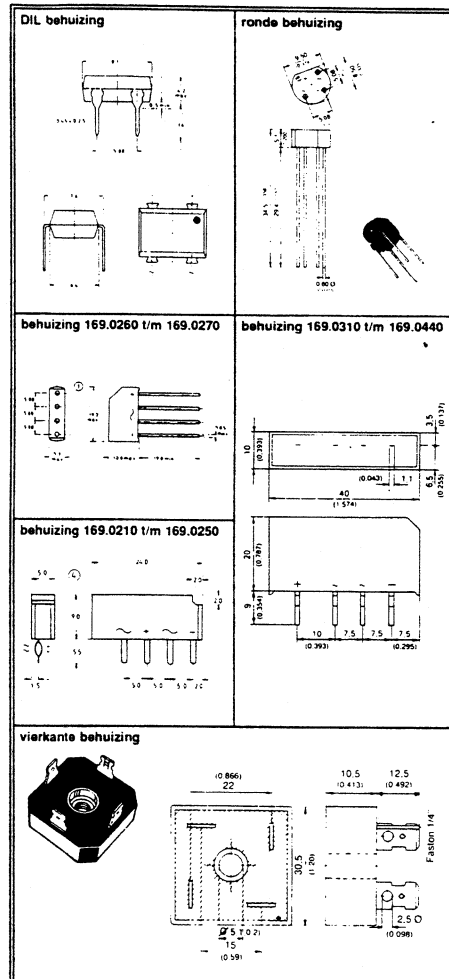
5.14 Diverse diodebehuizingen

Kosten

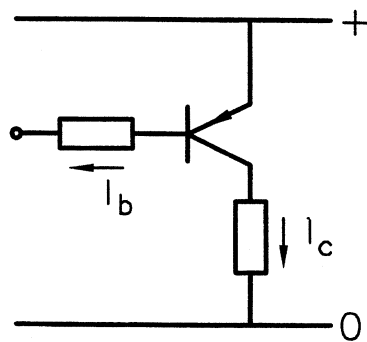
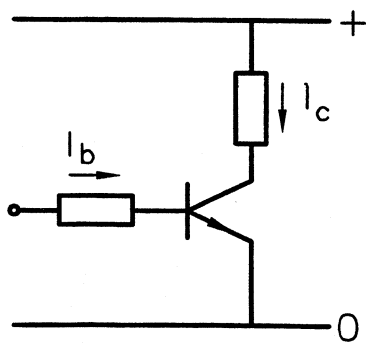
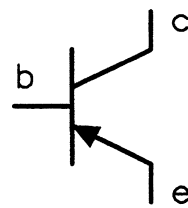
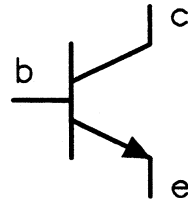
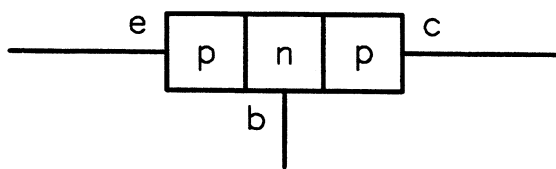
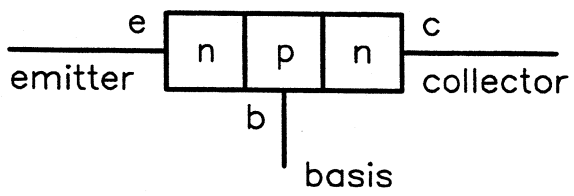
De kleinste dioden zijn ongeveer 5 cent per stuk en zware ongeveer 35 cent.

LED's zijn ongeveer 15 cent per stuk, behalve de pas ontwikkelde blauwe, die kosten enkele guldens.

De lichtere zenerdioden kosten ongeveer 15 cent per stuk en de zwaardere 25 cent.



5.15 Behuizing van bruggelijkrichters.
Dit zijn vier dioden in één behuizing, geschakeld als afgebeeld in figuur 5.9



Transistoren

Range

Transistoren onderscheiden wij in twee soorten:

- bipolaire transistoren (de gewone)
- veldeffect transistoren

Per soort onderscheiden transistoren zich in:

- | | |
|--------------------------------|-----------------------|
| - stroomversterking (bipolair) | : 50...500 maal |
| - maximale collectorspanning | : 15...1500 volt |
| - maximale collectorstroom | : 10 mA ... 20 ampère |
| - maximale dissipatie | : 100 mW ... 150 W |
| - maximale frequentie | : 100 kHz ... 10 GHz |

Werking

Bipolair:

De transistor heeft drie aansluitingen: emitter (e) collector (c) en basis (b). Van emitter naar basis is de transistor een diode, van collector naar basis ook. De twee diodes zijn tegengesteld geschakeld.

Er zijn twee typen mogelijk: NPN en PNP.

Bij het type NPN zitten de anodes (+) van de diodes aan elkaar (de basis).

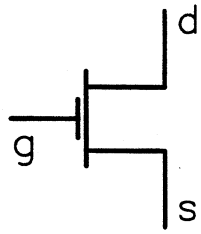
Bij het type PNP zitten de kathodes (-) aan elkaar.

De basis-emitter overgang wordt gebruikt als diode in doorlaat. Het pijltje in het schemateken geeft de richting van de stroom in de emitter aan.

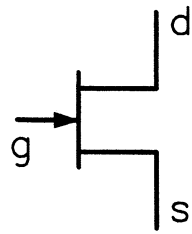
De bipolaire transistor werkt nu als volgt:

- Van collector naar emitter wordt een spanning gezet zodanig dat de collector-basis diode spert (NPN: $c = +$; PNP: $c = -$). Er loopt dan geen stroom.
- Van basis naar emitter wordt een kleine stroom I_b gestuurd (NPN: stroom de basis in; PNP: stroom de basis uit).
- Resultaat: van collector naar emitter gaat ook een stroom I_c lopen. Deze stroom is een stuk groter dan de basisstroom.
- Er is een min of meer lineair verband tussen I_b en I_c . De verhouding I_c / I_b heet de stroomversterking, aangeduid met β of H_{fe} . Praktische waarden liggen tussen 50 en 500 maal.

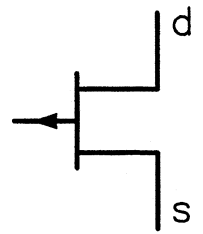
In de emitteraansluiting treffen we twee stromen aan, de basisstroom en de collectorstroom. Daarom geldt: $I_e = I_c + I_b$.



MOS-FET



Junction FET
N-kanaal



Junction-FET
p-kanaal

Veldeffect:

De transistor heeft drie aansluitingen: source (s), drain (d) en gate (g). Van source naar drain is er een elektrisch kanaal dat een bepaalde weerstand heeft. De gate is geïsoleerd t.o.v. dit kanaal (insulated gate, MOS-FET) of gedraagt zich als een diode, die in sper gebruikt wordt, naar dit kanaal (junctie-FET).

Er zijn weer twee typen: N-kanaal en P-kanaal. Qua polariteit van de spanningen is N-kanaal te vergelijken met NPN en P-kanaal met PNP.

De spanning op de gate, gemeten ten opzichte van de source, bepaalt de weerstand van het kanaal.

De veldeffect transistor werkt nu als volgt:

- Van drain naar source wordt een spanning gezet, zodanig dat de drain positief is (N-kanaal) of negatief is (P-kanaal).
- Van gate naar source zet men een spanning. Er loopt in dit circuit geen stroom!
- Verandering van deze spanning drukt ladingsdragers het kanaal uit, waardoor de stroom I_d afneemt (depletion type), of trekt ladingsdragers het kanaal in, waardoor I_d toeneemt (enhancement type).
- Er is een min of meer lineair verband tussen U_{gs} en I_d . De verhouding $\Delta I_d / \Delta U_{gs}$ heet de steilheid en wordt uitgedrukt in mA/V. Praktische waarden liggen tussen 1 en 20 mA/V

Omdat de gate-stroom $I_g = 0$ geldt voor de FET: $I_s = I_d$.

Waardereeksen

Er is geen echt logische codering voor transistoren. Elektronici moeten daarom regelmatig neuzen in transistorboeken om een voor het beoogde doel geschikt exemplaar uit te zoeken. Er zijn verschillende nummer systemen:

Europees: 2 of 3 letters en een nummer, bijv.: BC548, BFY90

1e letter: A = germanium, B = silicium, C = gallium-arseen;

2e letter: C = laagfrequent, D = power, F = hoogfrequent, S = schakel;

3e letter: geen = consumer use, wel = professional use.

Het nummer van twee of drie cijfers is een soort volgnummer in de tijd. Hoe moderner de transistor hoe hoger het nummer. NPN en PNP en veldeffect transistoren worden door elkaar heen genummerd. Zonder boeken met transistorgegevens kom je daar niet achter.

Amerikaans: 2N en dan een nummer, bijv.: 2N3866

De eerste 2 geeft aan dat het een dubbele diode is (1N is een diode). Aan het nummer kun je helemaal niets zien.

Japans: natuurlijk hebben de Japanners een eigen nummering. Hij verschilt nog per fabrikant. Het is een soort mix, bijv: 2SC193

In silicium zijn NPN transistoren veel beter te maken dan PNP transistoren. Hoogfrequent- en schakeltransistoren komen daarom vrijwel alleen voor als NPN.

Laagfrequent- en powertransistoren zijn vaak zowel in NPN als in PNP uitvoering te koop. De PNP is meestal duurder en heeft doorgaans een lagere versterking.

Nauwkeurigheid

De versterkingsfactor of steilheid zijn bij de fabricage niet goed vast te leggen. Bovendien is deze vrij sterk afhankelijk van de temperatuur. Hoe warmer de transistor hoe hoger de versterkingsfactor of hoe lager de steilheid. Verschillen van $\pm 50\%$ zijn normaal.

De versterkingsfactor is bovendien afhankelijk van de collectorstroom. Bij zeer kleine stromen en grote stromen (de waarde afhankelijk van het type transistor) neemt de versterking af. De elektronisch ontwerper houdt in zijn ontwerp rekening met al deze onzekerheden.

Konstruktie

Transistoren worden met honderden tegelijk op een dunne (0,1 mm) schijf silicium (plak) gemaakt. De plakken worden verhit tot 1000°C en plaatselijk wordt arseen, fosfor of andere z.g. doting materialen de plak in gediffundeerd. Het diffusieproces wordt op het juiste moment zo goed als stil gezet door de temperatuur te verlagen. De transistoren worden na de processing op de plak getest, van elkaar gesneden in chips, op een drager geplaatst en voorzien van aansluitdraden. Het geheel krijgt dan een kunststof of metalen behuizing. In dit laatste geval is vaak de collector van de transistor met het huis verbonden.

Transistoren zijn er in veel verschillende behuizingen, hoofdzakelijk bepaald door het vermogen dat ze moeten kunnen dissiperen. Zie verder bij "warmte afvoer".

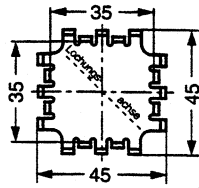
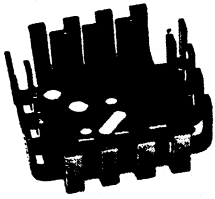
Speciaal bij power-transistoren, die enkele ampères collectorstroom kunnen verdragen, komt het vaak voor dat er een extra stuurtransistor in hetzelfde huis zit. De basisstroom wordt nu dubbel versterkt. Dit soort transistoren heet "darlington". Versterkingsfactoren van 10.000 maal zijn gewoon.

Een constructievorm van een FET met geïsoleerde gate is de MOSFET. MOS staat voor Metal-Oxide-Semiconductor, en slaat op de drie lagen die in deze transistor te onderscheiden zijn. De bovenste laag is de gate en is gemaakt van metaal, meestal opgedampt aluminium. Dooronder bevindt zich een laag siliciumoxide als isolator van de gate tegenover het onderliggende halfgeleidermateriaal (semiconductor). Van gate naar kanaal ontstaat er zo een condensator met heel kleine waarde (enkele pf). Omdat de isolatielaag extreem dun is gaat deze stuk bij iets hogere spanningen. Bij het hanteren van MOSFET's moet men daarom oppassen voor statische ladingen, die gemakkelijk een spanning van enkele kV op de gate kunnen aanbrengen.

Beperkingen

Voor de transistor als schakelaar zou je wensen dat de gesloten schakelaar een weerstand van nul heeft. Dat is niet helemaal het geval. Over de transistor blijft een spanning van 0,1 tot 0,5 volt staan, bij darlingtonen 1 tot 1,5 volt, de z.g. verzadigings spanning (saturation voltage). In de meeste gevallen is dat niet hinderlijk.

Ook voor lineaire versterking is de transistor verre van ideaal. Dat is jammer want je wilt graag een versterkt signaal dat vormgetrouw is aan het originele signaal. Daarom worden nogal eens tegengekoppelde schakelingen gebruikt. Een gedeelte van het uitgangssignaal wordt daarbij in tegenfase opgeteld bij het ingangssignaal. De versterking wordt minder en vrijwel geheel bepaald

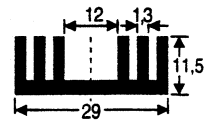
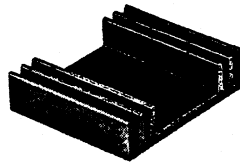


Kombinatieboring
TO-3, TO-66,
SOT-9, SOT-32,
TO-220.

Koelvingers

Zwart geëloxeerd aluminium, met combinatieboring voor de behuizingen TO-3, TO-66, SOT-9, SOT-32 en TO-220.

Bestnr.	afm. (B x H x D) mm	K/W	p.st.	v.a. 10 st. à
18 79 17-55	42 x 42 x 17	6,8	2.15	1.80
18 79 25-55	45 x 45 x 12,7	8	2.15	1.80
18 79 33-55	45 x 45 x 25,4	6	2.30	1.95

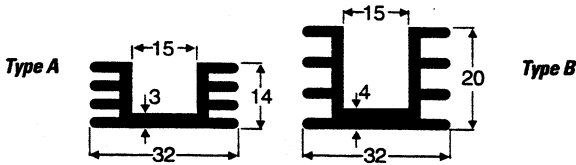


Koelprofielen

Voor vermogenstransistoren TO-220, SOT-32 enz. Wordt ongeboord geleverd. Uitvoering: zwart geëloxeerd.

Bestnr.	afm. (B x H x D) mm	°C/watt	p.st.	v.a. 10 st. à
18 89 05-55	29 x 11,5 x 37,5	8,6	1.80	1.60
18 88 91-55*	29 x 11,5 x 37,5	8,6	2.60	2.35
18 89 13-55	29 x 11,5 x 50	7,2	2.60	2.35

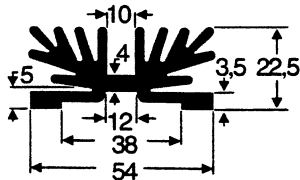
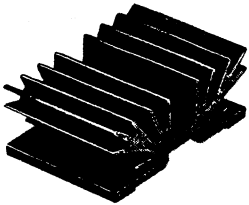
* Met middenboring voor TO-220/SOT-32.



Ruimtebesparend miniaturkoelelement

Ideaal koellichaam voor spanningsregelaars, transistoren, thyristoren, triacs e.d. in behuizing TO-220, TO-126.

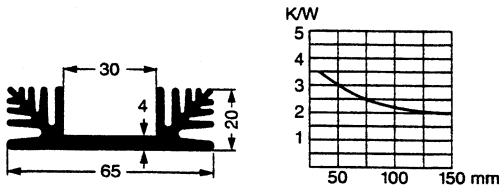
Bestnr.	type	afm. (B x H x D) mm	°C/watt	p.st.	v.a. 10 st. à
18 89 48-55	A	37,5 x 32 x 14	6,8	2.30	1.95
18 89 56-55	A	50 x 32 x 14	4,5	2.95	2.60
18 89 64-55	B	37,5 x 32 x 20	6,5	2.95	2.75
18 89 72-55	B	50 x 32 x 20	4,2	4.20	3.70



Koellichaam

Voor de montage van halfgeleiders TO-220 en TOP-66 op of onder het koellichaam (montage op printplaat en achterwand). Afm. 54 x 22 x 37,5 mm • Warmteweerstand 3,5 K/W.

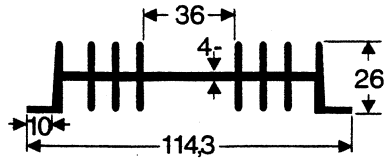
Bestnr. 18 84 09-55	p.st. 5.50	v.a. 10 st. à 4.95
---------------------	------------	--------------------



Koelprofielen

Zwart geëloxeerd, hoogste kwaliteit met een zeer grote warmtegeleiding.

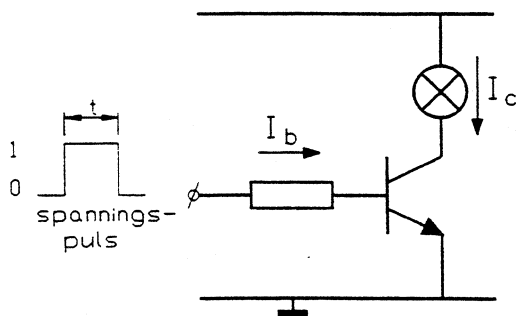
Bestnr.	afm. (B x H x D) mm	°C/watt	p.st.	v.a. 10 st. à
18 84 50-55	50 x 12 x 37,5	8	2.70	2.40
18 84 68-55	50 x 12 x 50	6,8	3.70	3.35
18 82 63-55	70 x 15 x 100	3,5	6.	5.25



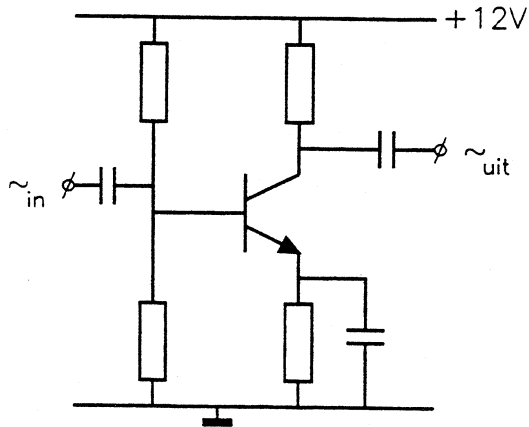
Koelprofielen

Bestnr.	afm. (B x H x D)	°C/watt	p.st.	v.a. 10 st. à
18 86 62-55	111 x 26 x 50mm	2,8	3.95	3.50
18 86 70-55	111 x 26 x 75mm	2,3	4.95	4.50
18 86 46-55*	111 x 26 x 75mm	2,3	5.60	5.10
18 86 89-55	111 x 26 x 100mm	2	6.20	5.95

*Met combinatieboring TO-3, SOT-9, TO-66, TO-220, SOT-32



Transistor als schakelaar
 $I_b > I_c$
Gedurende tijdsduur T is de lamp aan.



Transistor als wisselspanningsversterker.

door de tegenkoppeling, meestal bestaande uit enkele weerstanden. Van de transistoren wordt dan alleen geëist dat ze "genoeg" versterken.

Warmte afvoer

Net als weerstanden ontwikkelt een transistor warmte. De hoeveelheid warmte is te bepalen uit de spanning over de transistor (van collector naar emitter) en de collectorstroom I_c . Een schakelende transistor, d.w.z. geen stroom en wel spanning of wel stroom en geen (weinig) spanning, dissipeert zeer weinig vermogen.

Warmte is een vijand van transistoren. De chip mag niet warmer worden dan 150°C omdat anders de diffusieprocessen, waarmee de transistor gemaakt is, verder gaan en de transistor vernielen. Net zoals bij de meeste andere natuurkundige en scheikundige processen verdubbelt de snelheid van dit diffusieproces bij elke verhoging in temperatuur van 10°C . Dissipeert een transistor fors, dan moet de warmte worden afgevoerd. Dit geschiedt door de metalen montageplaat van de transistor tegen een metalen koellichaam of plaat te klemmen of te schroeven.

Meestal zit de collector van de transistor aan het huis (metaal). Dit geeft problemen, want de spanning op de collector is meestal een andere dan de spanning van het koellichaam. Zeker wanneer meer transistoren op hetzelfde koellichaam zitten is dit het geval. Daartoe wordt de transistor geïsoleerd met een dun mica plaatje, siliconen pasta en isolatieringetjes op de koelplaat geschroefd.

Warmte berekeningen aan dissiperende transistoren zijn aangepast op de elektronici. Het werkt net als elektriciteit:

- de temperatuur op een plaats wordt gezien als een spanning,
- het gedissipeerde vermogen wordt gezien als een warmtestroom,
- materialen, overgangen en heat sinks worden gezien als weerstand, opgegeven in graden per watt ($^{\circ}/\text{W}$).

Nu kan de elektronicus weer gewoon rekenen met zijn wet van ohm.

Gebruik

Voor de IO-er is de transistor als schakelaar de belangrijkste toepassing. Aangesloten op een digitale besturing (microcomputer) schakelt de transistor de stromen van verbruikers in en uit.

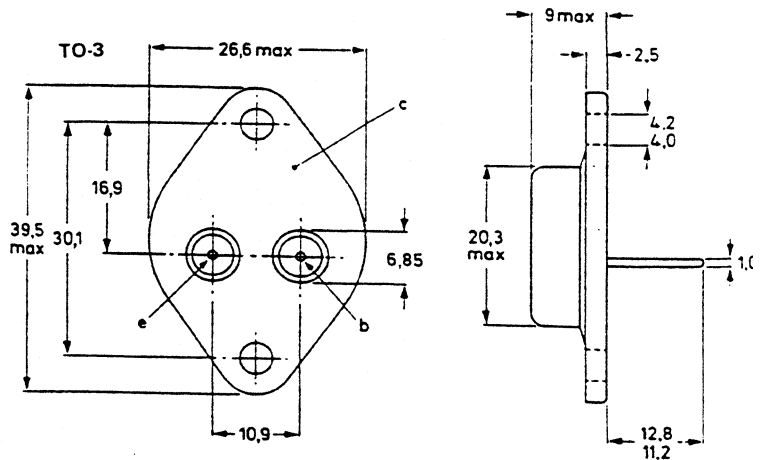
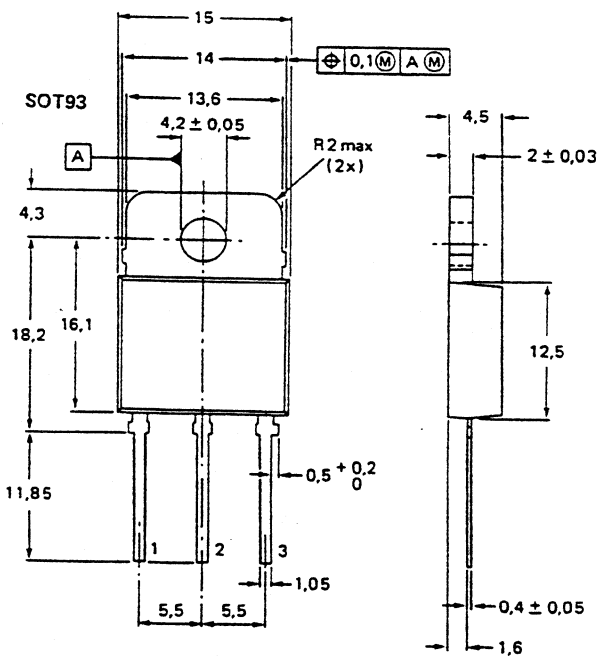
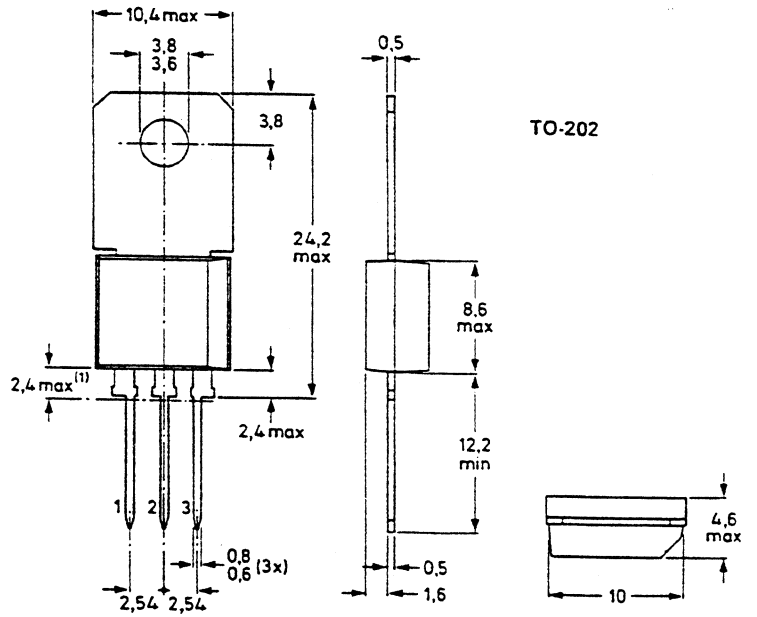
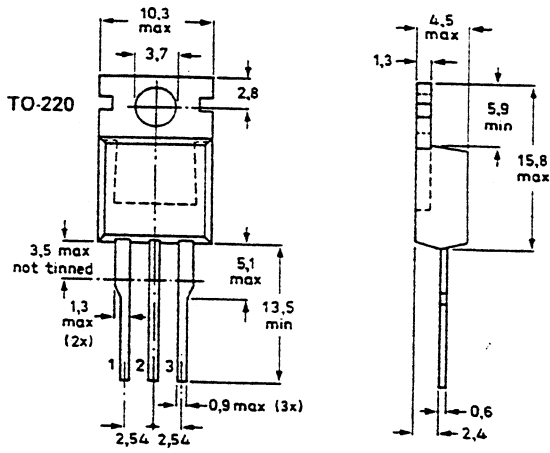
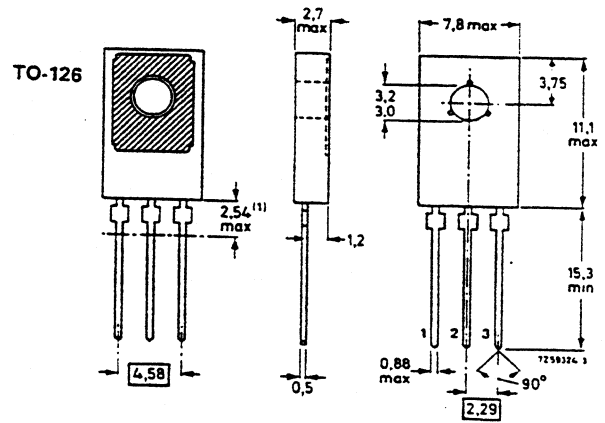
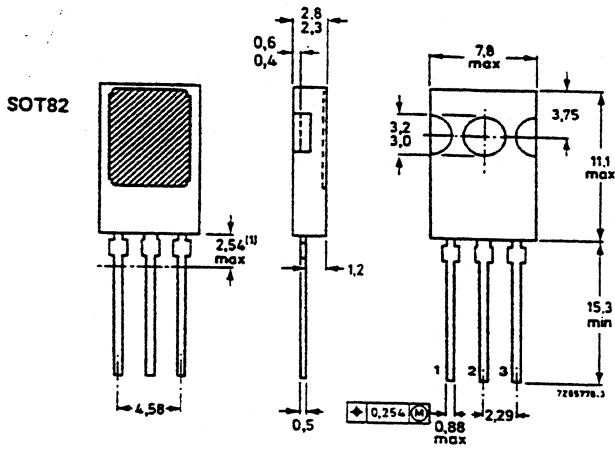
In de analoge informatietechniek worden transistoren gebruikt voor het versterken van, vaak zeer kleine, analoge signalen.

Verreweg de meeste transistoren worden echter toegepast in geïntegreerde circuits, waarin ze met honderdduizenden tot miljoenen samen in één huisje vaak zeer omvangrijke taken uitvoeren.

Jargon

Transistoren worden in schakelingen aangeduid met de letter T, maar ook wel met Q. In de spreektaal van het jargon noemt men transistoren wel 'tor' of 'torretje', bijvoorbeeld: schakeltor of eindtor.

Behuizingen van powertransistoren



In het gebruik als analoge versterker duidt men een transistor met de noodzakelijke componenten voor de instelling er omheen, vaak aan als een 'versterkertrap' of gewoon 'trap'.

Een koelplaat of koellichaam met ribben voor een een powertransistor wordt naar het engels "heat sink" genoemd.

Kosten

De goedkoopste transistoren kosten zowel in de normale als in de SMD-uitvoering 3 tot 5 cent.

Er zijn veel speciale soorten, bijvoorbeeld met een laag ruisgetal, of een lage doorlaatweerstand bij schakelen, een groot frequentiebereik of een groot vermogen. De prijzen variëren ook weer per soort. Dure transistoren, zoals in zender eindtrappen, kosten enkele tientallen guldens.

A.F. SILICON PLANAR EPITAXIAL TRANSISTORS

N-P-N transistors in TO-18 metal envelopes with the collector connected to the case.

The BC107 is primarily intended for use in driver stages of audio amplifiers and in signal processing circuits of television receivers.

The BC108 is suitable for multitude of low-voltage applications e.g. driver stages or audio preamplifiers and in signal processing circuits of television receivers.

The BC109 is primarily intended for low-noise input stages in tape recorders, hi-fi amplifiers and other audio-frequency equipment.

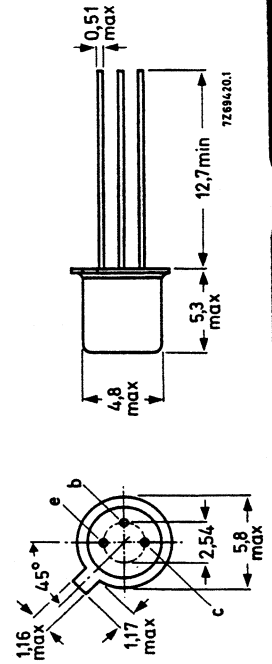
QUICK REFERENCE DATA

	BC107	BC108	BC109
Collector-emitter voltage ($V_{BE} = 0$)	max. 50	30	30
Collector-emitter voltage (open base)	max. 45	20	20
Collector current (peak value)	max. 200	200	200
Total power dissipation up to $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	max. 300	300	300
Junction temperature	max. 175	175	175
Small-signal current gain at $T_j = 25^\circ\text{C}$ $I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}; f = 1\text{ kHz}$	$>$	$<$	240
Transition frequency at $f = 35\text{ MHz}$ $I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$	typ. 300	300	300
Noise figure at $R_S = 2\text{ k}\Omega$ $I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}$ $f = 30\text{ Hz to }15\text{ kHz}$	typ. $<$	—	1,4
	typ. 2	2	4,0
			1,2

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-18.

Collector connected to case



RATINGS

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

	BC107	BC108	BC109
Collector-base voltage (open emitter)	max. 50	30	30
Collector-emitter voltage ($V_{BE} = 0$)	max. 50	30	30
Collector-emitter voltage (open base)	max. 45	20	20
Emitter-base voltage (open collector)	max. 6	5	5
Collector current (d.c.)	max. 100	100	100
Collector current (peak value)	max. 200	200	200
Emitter current (peak value)	max. 200	200	200
Base current (peak value)	max. 200	200	200
Total power dissipation up to $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	max. 300	300	300
Storage temperature range	-65 to +150	-65 to +150	-65 to +150
Junction temperature	max. 175	175	175

THERMAL RESISTANCE

From junction to ambient in free air
From junction to case

CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Collector cut-off current

$I_E = 0; V_{CB} = 20\text{ V}; T_j = 150^\circ\text{C}$

Base-emitter voltage*

$I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$

$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$

Saturation voltages**

$I_C = 10\text{ mA}; I_B = 0,5\text{ mA}$

$I_C = 100\text{ mA}; I_B = 5\text{ mA}$

R_{thj-a} = 0,5 K/mW
 R_{thj-c} = 0,2 K/mW

I_{CBO} < 15 μA
 V_{BE} typ. 620 mV
 V_{BE} < 550 to 700 mV
 V_{CEsat} typ. 90 mV
 V_{BEsat} typ. 250 mV
 V_{BEsat} typ. 700 mV
 V_{CEsat} typ. 200 mV
 V_{BEsat} typ. 600 mV
 V_{BEsat} typ. 900 mV

Collector capacitance at $f = 1$ MHz
 $I_E = I_C = 0$; $V_{CB} = 10$ V

Emitter capacitance at $f = 1$ MHz
 $I_C = I_E = 0$; $V_{EB} = 0,5$ V

Transition frequency at $f = 35$ MHz
 $I_C = 10$ mA; $V_{CE} = 5$ V

Small signal current gain at $f = 1$ kHz
 $I_C = 2$ mA; $V_{CE} = 5$ V

Noise figure at $R_S = 2$ k Ω
 $I_C = 200$ μ A; $V_{CE} = 5$ V
 $f = 30$ Hz to 15 kHz

$f = 1$ kHz; $B = 200$ Hz

D.C. current gain
 $I_C = 10$ μ A; $V_{CE} = 5$ V

$I_C = 2$ mA; $V_{CE} = 5$ V

h parameters at $f = 1$ kHz (common emitter)

$I_C = 2$ mA; $V_{CE} = 5$ V

Input impedance

Reverse voltage transfer ratio

Small signal current gain

Output admittance

C_c typ. 2,5 pF

C_e typ. 9 pF

f_T typ. 300 MHz

h_{fe}

F 1,4 dB

F 4 dB

F 1,2 dB

F 4 dB

h_{FE}

h_{FE}

h_{ie}

h_{re}

h_{fe}

h_{oe}

Typical behaviour of collector current versus collector-emitter voltage

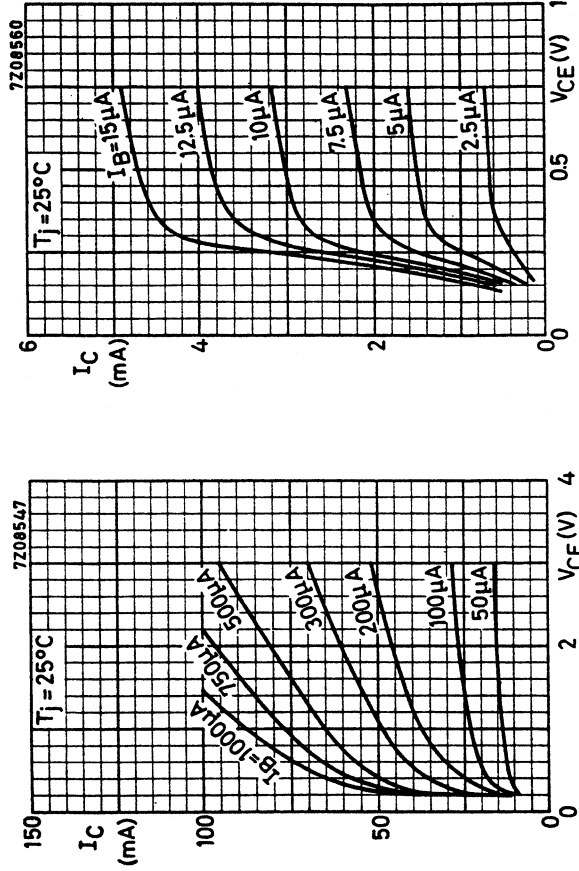


Fig. 2.

Fig. 3.

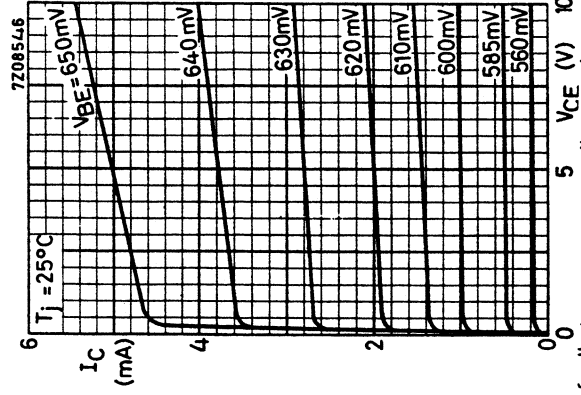


Fig. 4.

Typical behaviour of collector current versus collector-emitter voltage

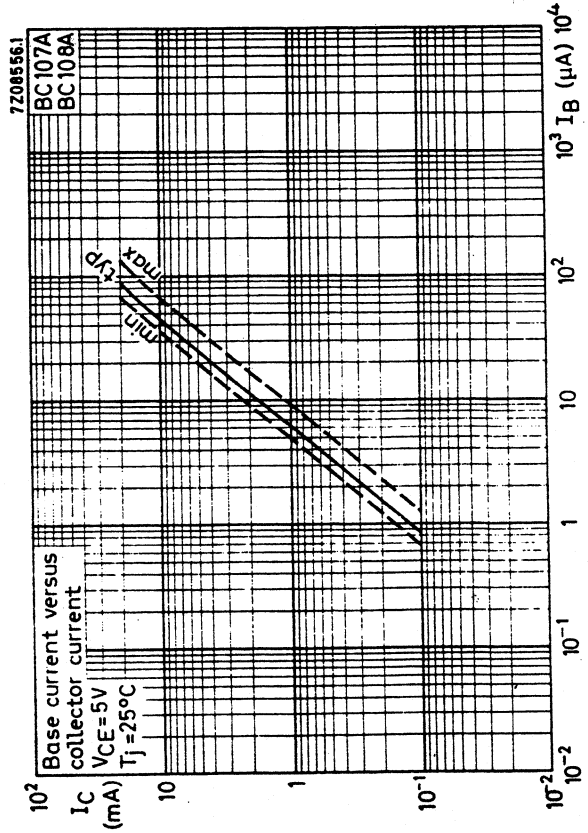


Fig. 5.

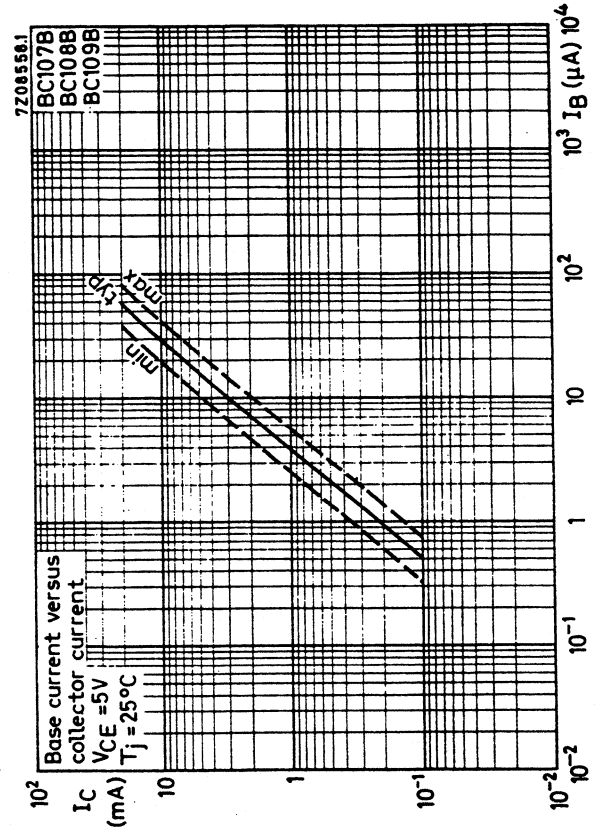
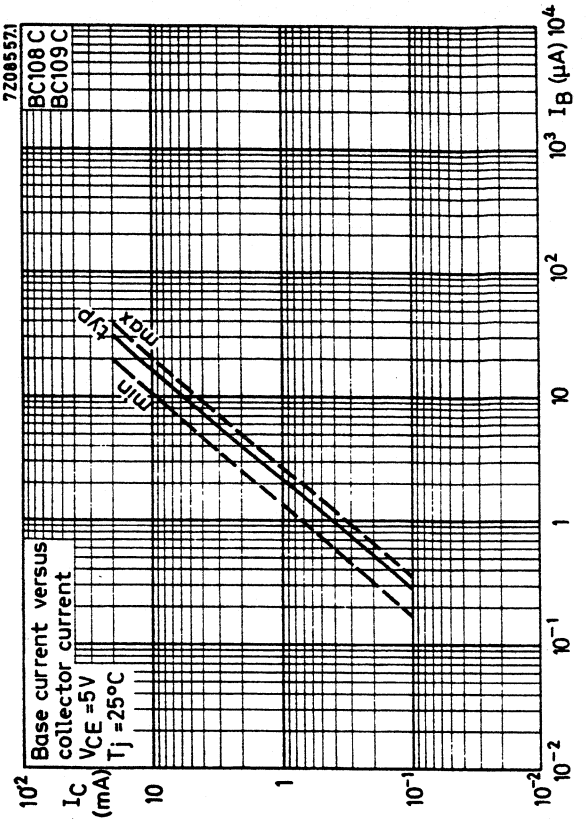


Fig. 6.

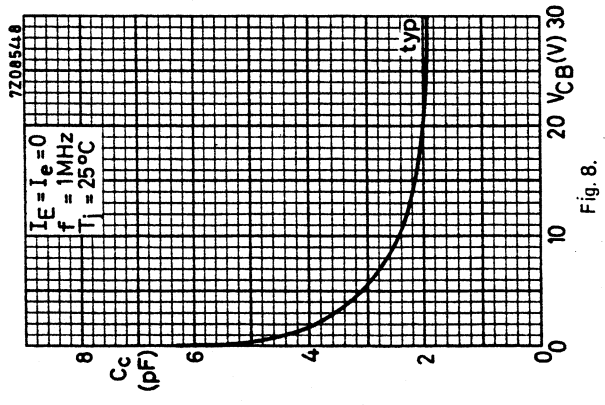


Fig. 8.

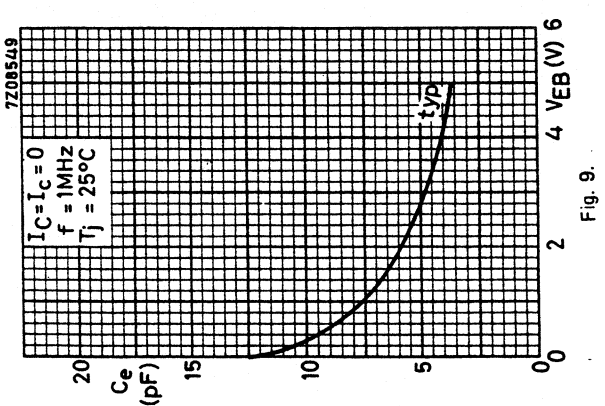


Fig. 9.

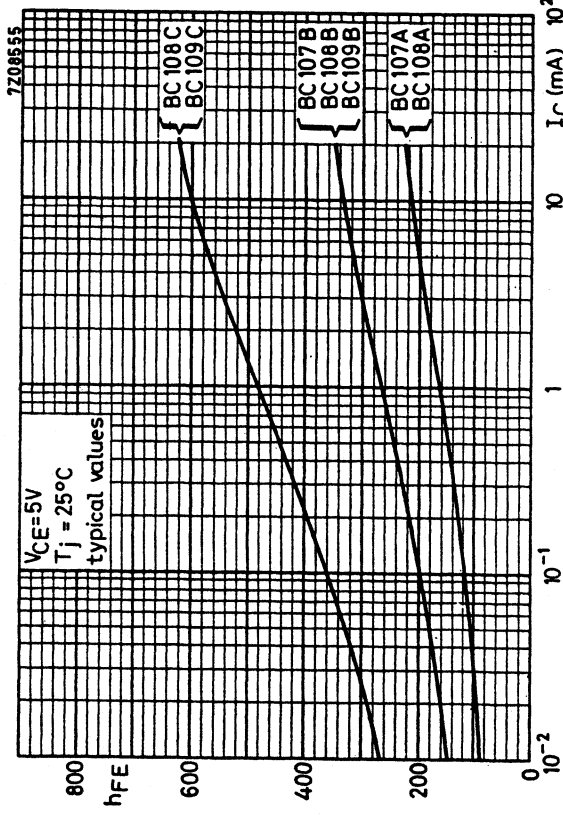


Fig. 10.

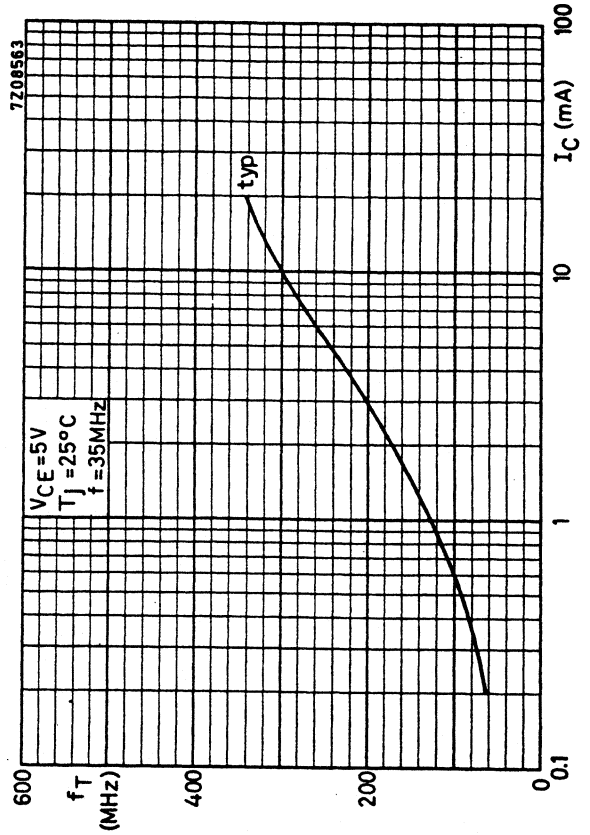


Fig. 11.

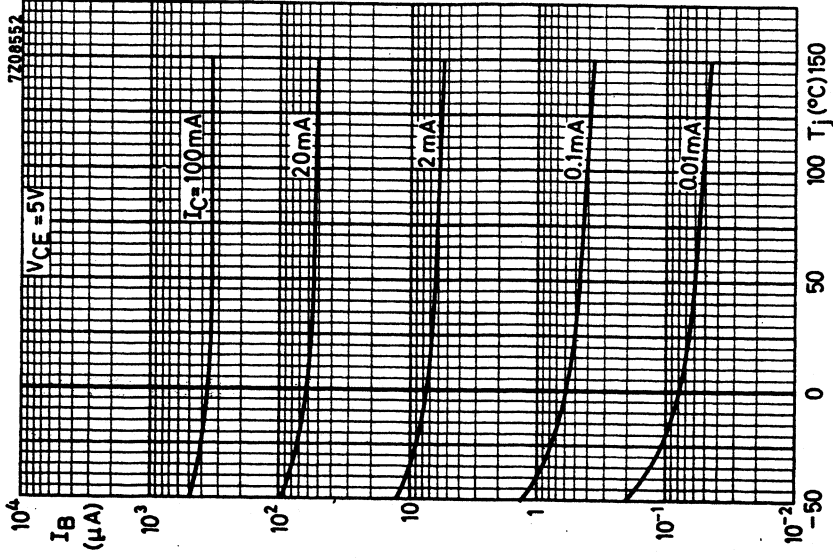


Fig. 12. Typical behaviour of base current versus junction temperature.

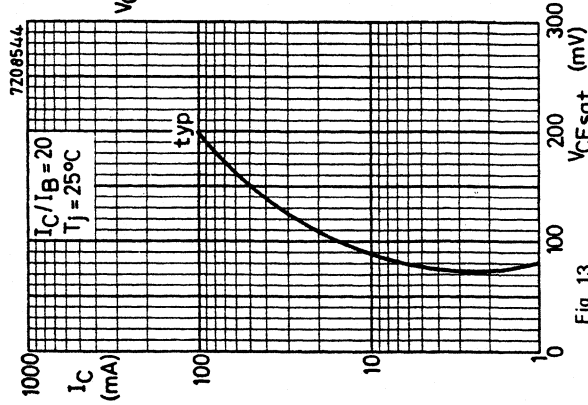


Fig. 13.

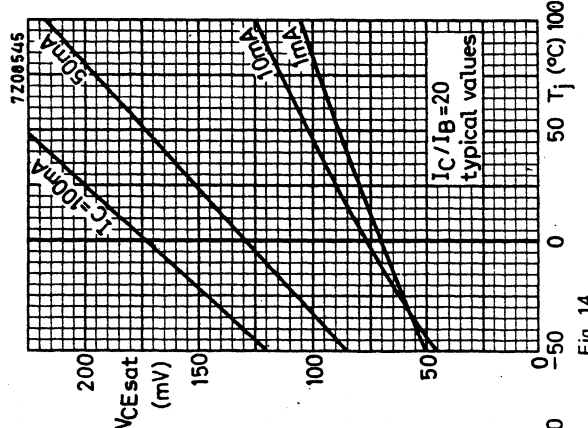


Fig. 14.

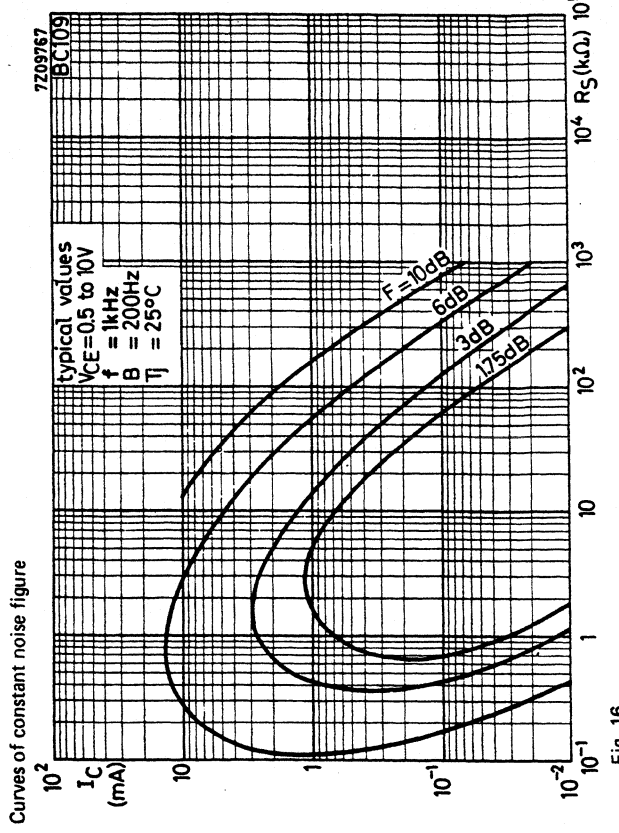


Fig. 16.

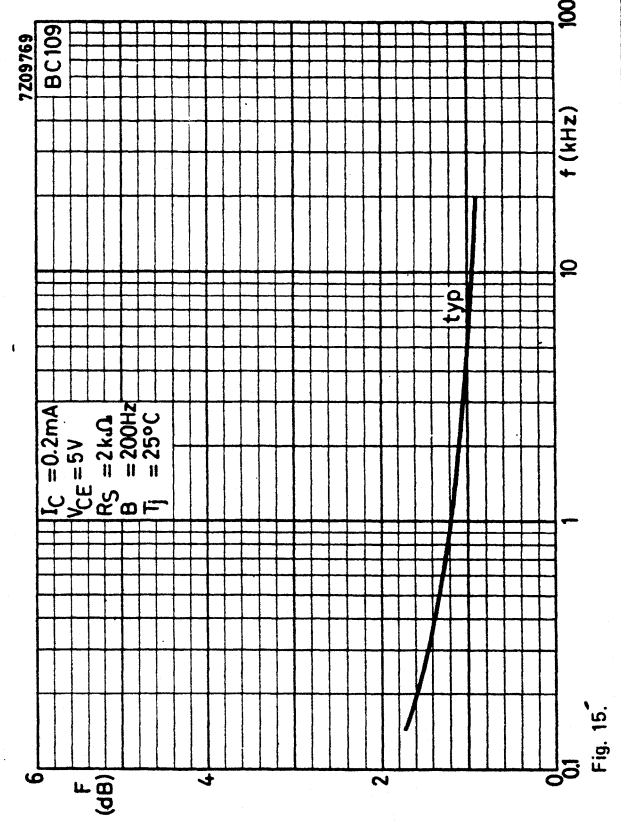


Fig. 15.

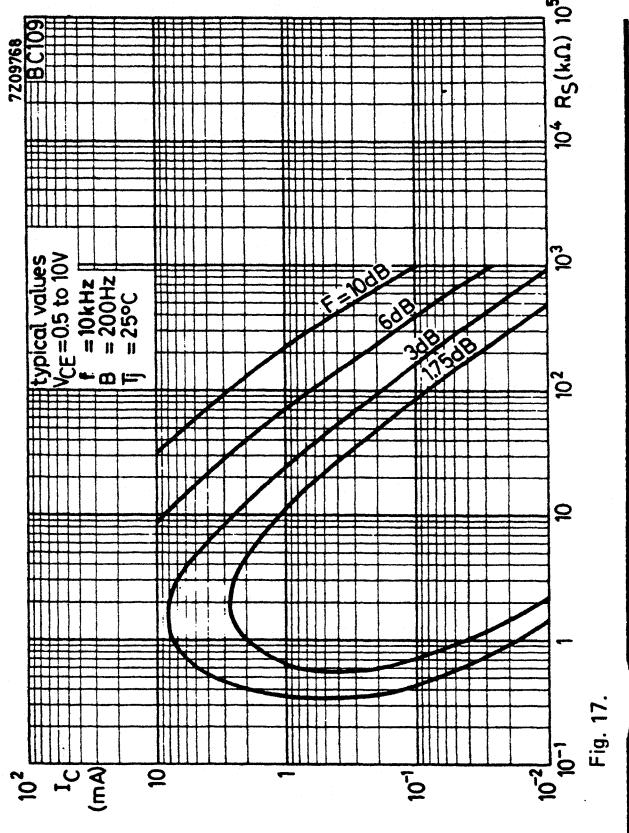
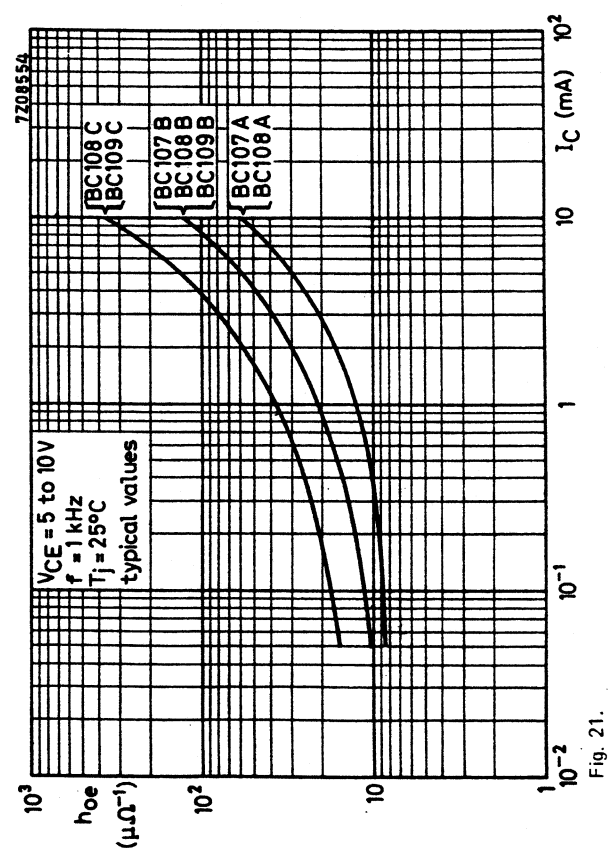
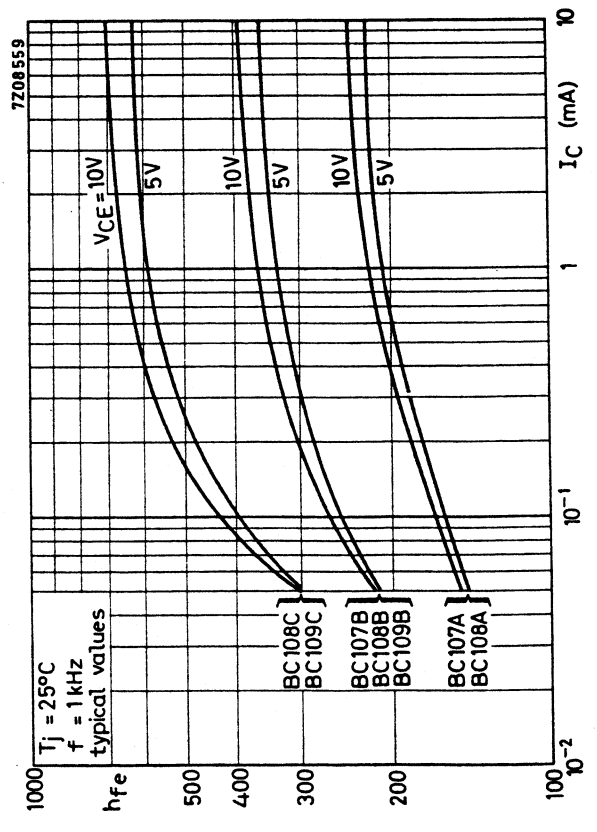
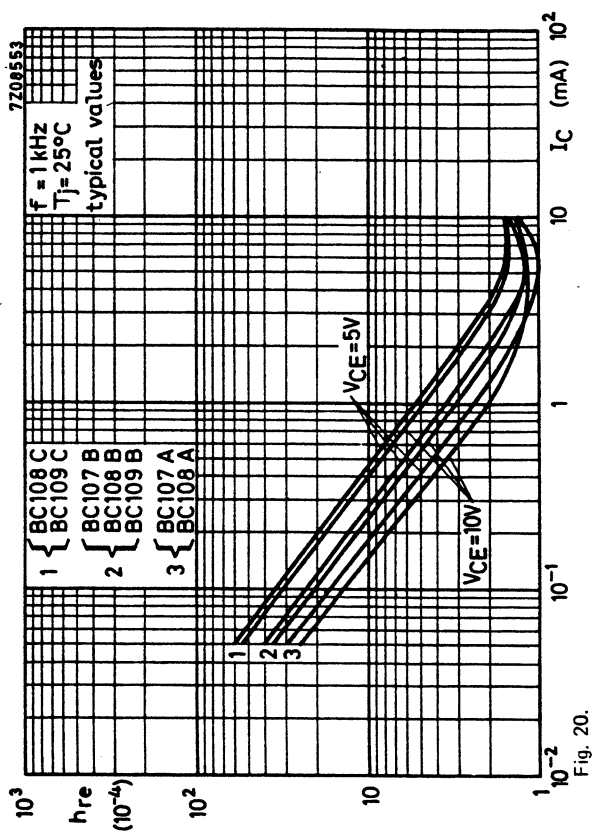
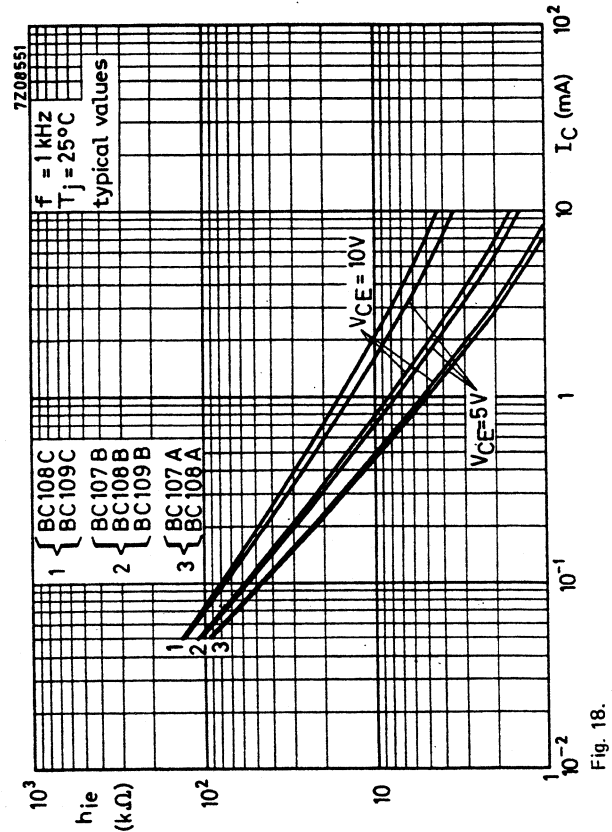


Fig. 17.



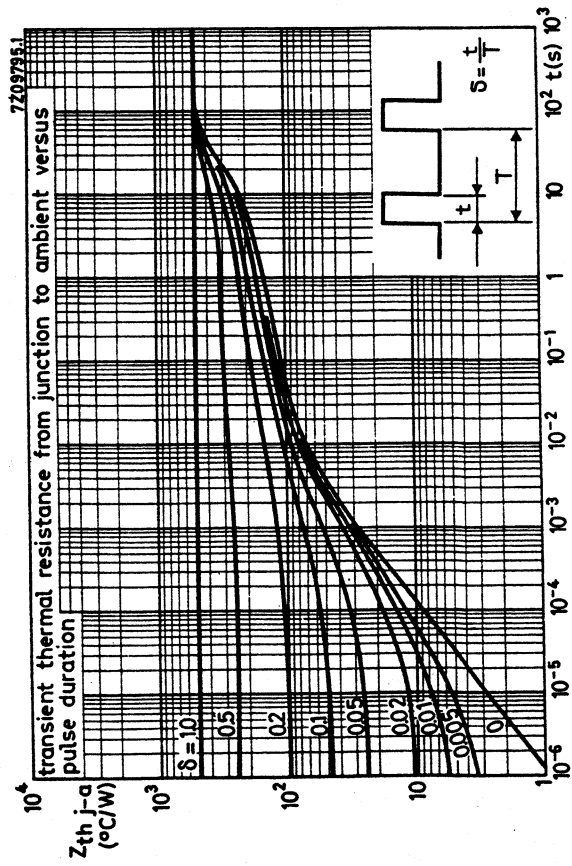


Fig. 22.

A.F. SILICON PLANAR EPITAXIAL TRANSISTORS

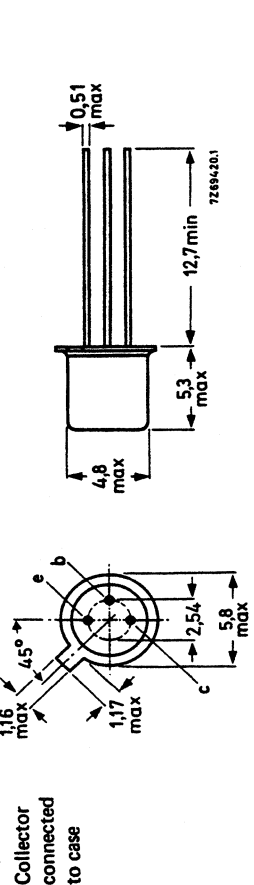
P-N-P transistors in TO-18 metal envelopes with the collector connected to the case.
 The BC177 is a high-voltage type and primarily intended for use in driver stages of audio amplifiers and in signal processing circuits of television receivers.
 The BC178 is suitable for a multitude of low-voltage applications e.g. driver stages or audio preamplifiers and in signal processing circuits of television receivers.
 The BC179 is primarily intended for low-noise input stages in tape recorders, hi-fi amplifiers and other audio-frequency equipment.
 Moreover, they are intended as complementary types for the BC107, BC108 and BC109.

QUICK REFERENCE DATA

	BC177	BC178	BC179
Collector-emitter voltage (+ V _{BE} = 1 V)	50	30	25
Collector-emitter voltage (open base)	max.	45	20
Collector current (peak value)	max.	200	200
Total power dissipation up to T _{amb} = 25 °C	max.	300	300
Junction temperature	max.	175	175
Small-signal current gain at T _j = 25 °C	>	125	125
-I _C = 2 mA; -V _{CE} = 5 V; f = 1 kHz	<	500	500
Transition frequency at f = 35 MHz	typ.	150	150
-I _C = 10 mA; -V _{CE} = 5 V			150
Noise figure at R _S = 2 kΩ	typ.	-	1,2
-I _C = 200 μA; -V _{CE} = 5 V	<	-	4,0
f = 30 Hz to 15 kHz			4,0
f = 1 kHz; B = 200 Hz			4,0

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-18.



Accessories: 56246 (distance disc).

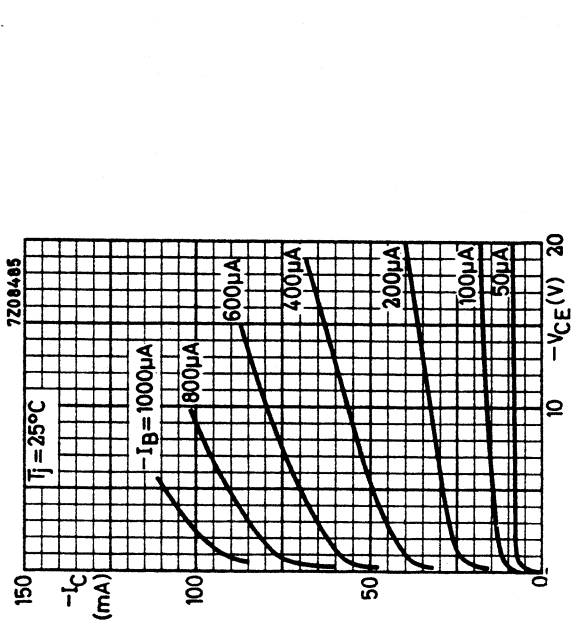


Fig. 4.

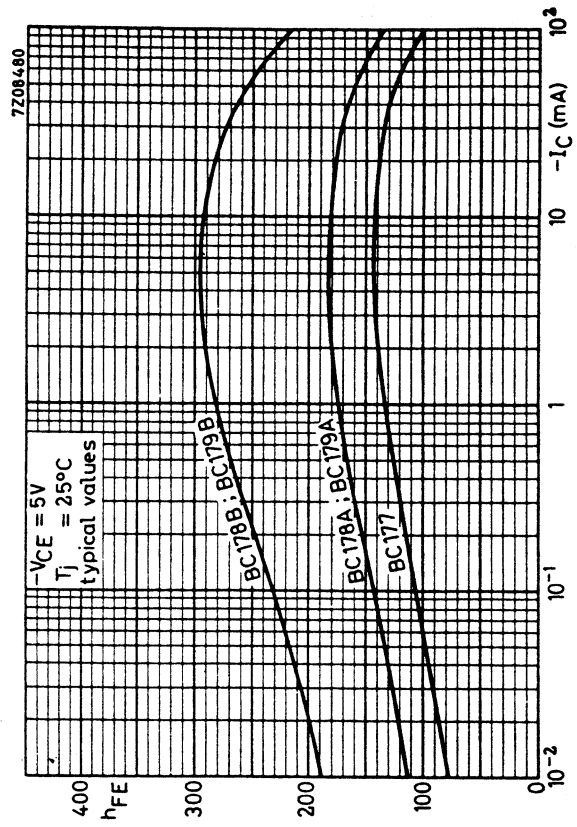


Fig. 6.

Saturation voltage*
 $I_C = 10 \text{ mA}; I_B = 0.5 \text{ mA}$

VCEsat	typ.	90 mV
VBEsat	<	250 mV
VCEsat	typ.	700 mV
VBEsat	<	200 mV
VCEsat	typ.	600 mV
VBEsat	<	900 mV

$I_C = 100 \text{ mA}; I_B = 5 \text{ mA}$

Collector capacitance at $f = 1 \text{ MHz}$

$I_E = I_C = 0; V_{CB} = 10 \text{ V}$

Emitter capacitance at $f = 1 \text{ MHz}$

$I_C = I_E = 0; V_{EB} = 0.5 \text{ V}$

Transition frequency at $f = 35 \text{ MHz}$

$I_C = 10 \text{ mA}; V_{CE} = 5 \text{ V}$

C_c	typ.	2.5 pF
C_e	typ.	9 pF
f_T	typ.	300 MHz

Small signal current gain at $f = 1 \text{ kHz}$

$I_C = 2 \text{ mA}; V_{CE} = 5 \text{ V}$

hfe	125 to 900
-----	------------

Noise figure at $R_S = 2 \text{ k}\Omega$ *

$I_C = 200 \mu\text{A}; V_{CE} = 5 \text{ V}$

$f = 1 \text{ kHz}; B = 200 \text{ Hz}$

F	typ.	2	2	2
	<	10	10	10

D.C. current gain

$I_C = 10 \mu\text{A}; V_{CE} = 5 \text{ V}$

$I_C = 2 \text{ mA}; V_{CE} = 5 \text{ V}$

hFE	typ.	90	150	270
	>	110	200	420
hFE	typ.	180	290	520
	<	220	450	800

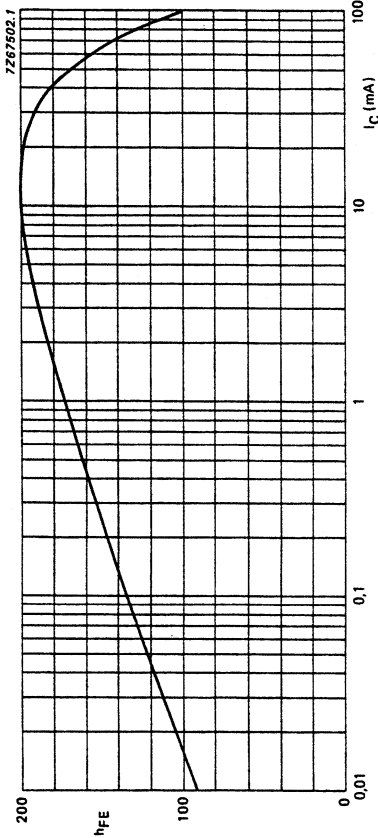


Fig. 2 BC546A, BC547A and BC548A
 $V_{CE} = 5 \text{ V}; T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; typical values.

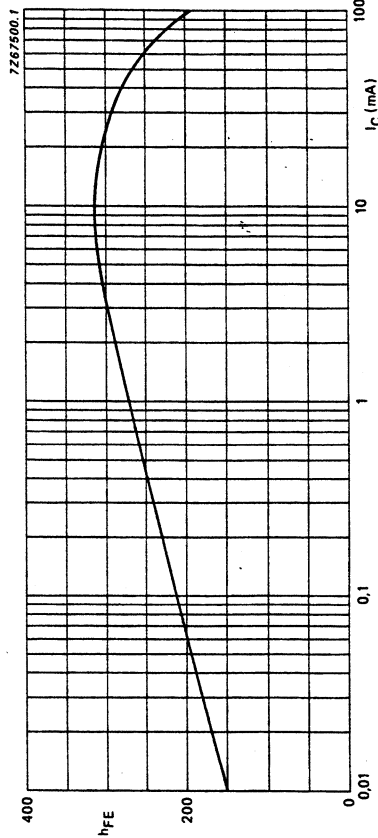


Fig. 3 BC546B, BC547B and BC548B
 $V_{CE} = 5 \text{ V}; T_j = 25 \text{ }^\circ\text{C}$; typical values.

* VBEsat decreases by about 1.7 mV/K with increasing temperature.

BC546 to 548

Silicon planar epitaxial transistors

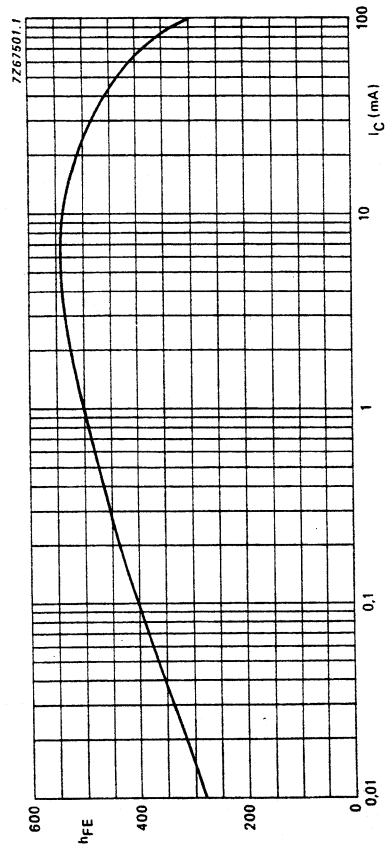


Fig. 4 BC547C and BC548C
 $V_{CE} = 5\text{ V}$; $T_j = 25\text{ }^\circ\text{C}$; typical values.

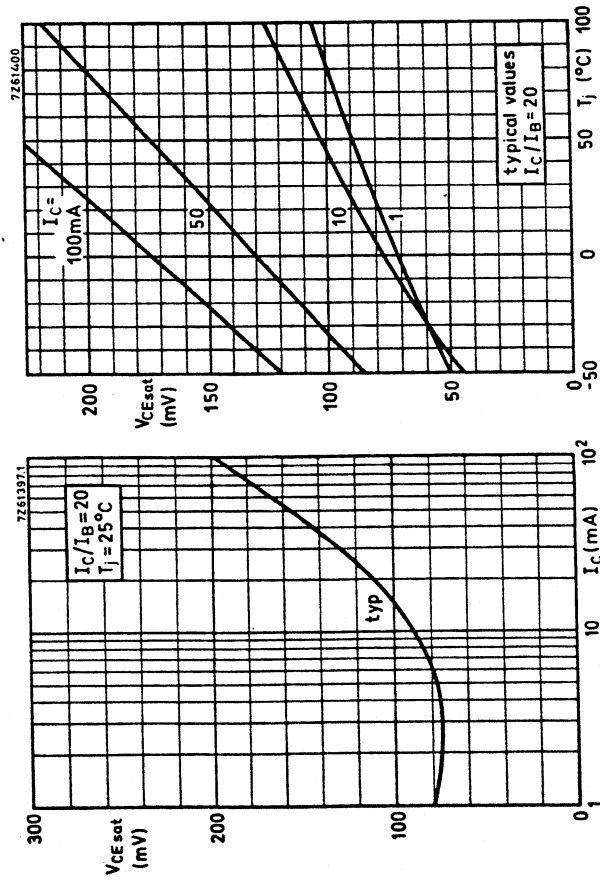


Fig. 5.

Fig. 6.

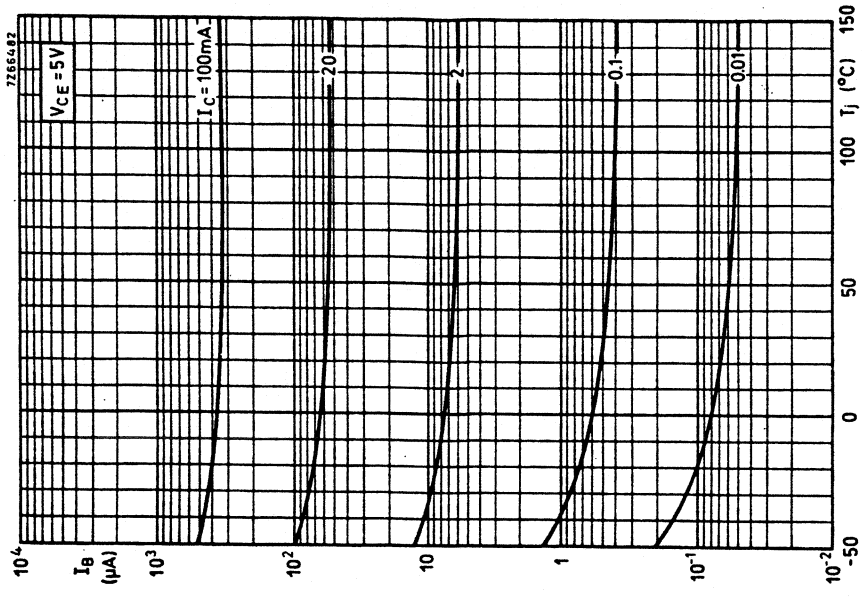


Fig. 7.

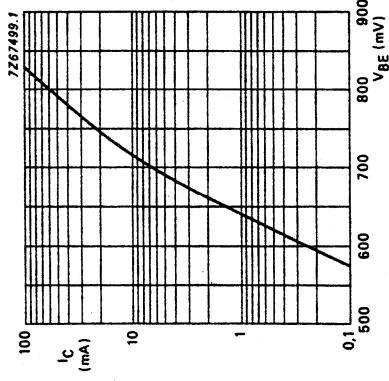


Fig. 8 $V_{CE} = 5V$; $T_j = 25^\circ C$; typical values.

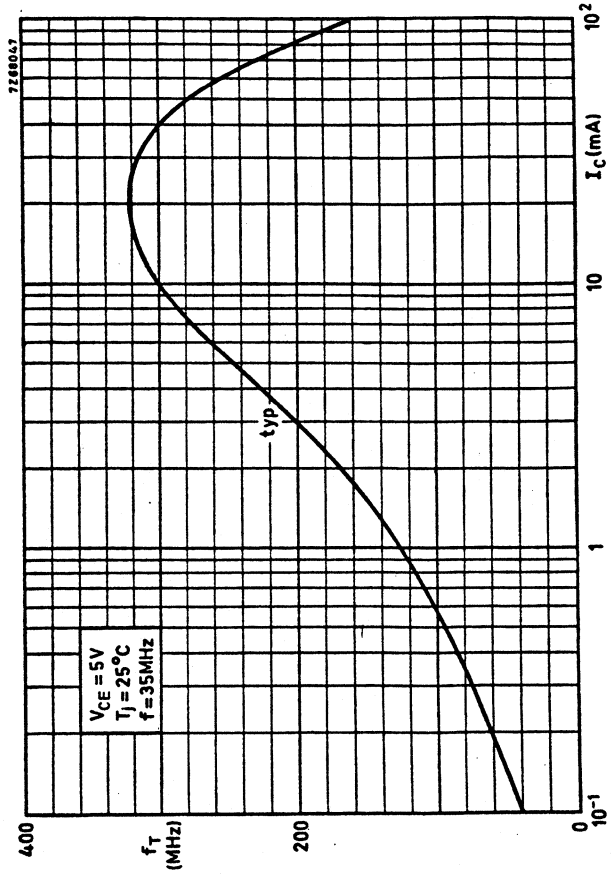


Fig. 9.

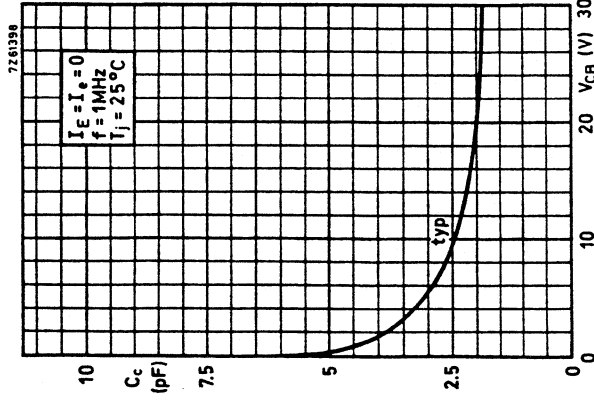


Fig. 10.

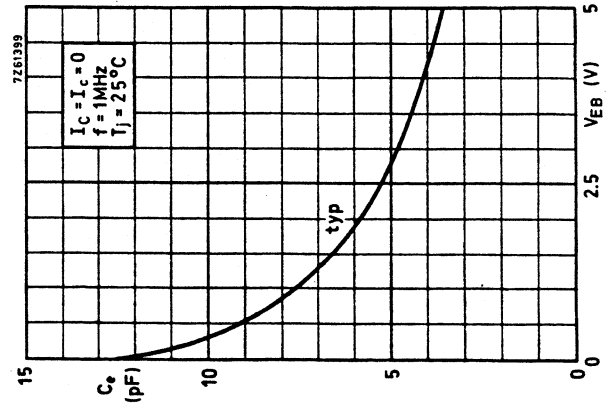


Fig. 11.

SILICON PLANAR EPITAXIAL TRANSISTORS

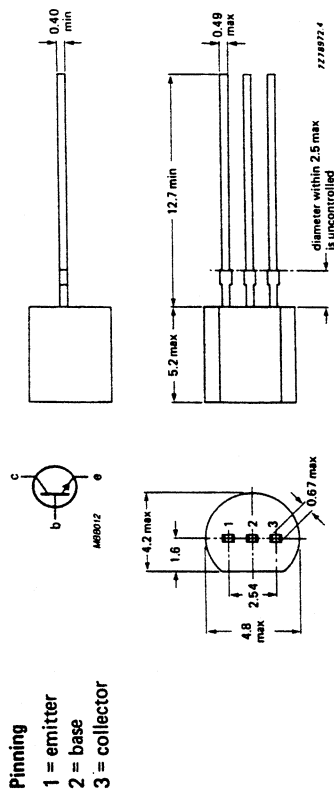
N-P-N transistors in plastic TO-92 envelopes, primarily intended for low-noise input stages in tape recorders, hi-fi amplifiers and other audio-frequency equipment.

QUICK REFERENCE DATA

	BC549	BC550
Collector-emitter voltage ($V_{BE} = 0$)	30	50 V
Collector-emitter voltage (open base)	30	45 V
Collector current (peak value)	200	200 mA
Total power dissipation up to $T_{amb} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$	500	500 mW
Junction temperature	150	150 $^{\circ}\text{C}$
D.C. current gain	$>$	200
$I_C = 2\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$	$<$	800
Transition frequency	f_T	300 MHz
$I_C = 10\text{ mA}; V_{CE} = 5\text{ V}$	typ	
Noise figure at $R_S = 2\text{ k}\Omega$	F	1.4 dB
$I_C = 200\text{ }\mu\text{A}; V_{CE} = 5\text{ V}$	$<$	3 dB
$f = 30\text{ Hz to }15\text{ kHz}$	F	1 dB
$f = 1\text{ kHz}; B = 200\text{ Hz}$	$<$	0,135 μV
$f = 10\text{ Hz to }50\text{ Hz}$ (equivalent noise voltage)		

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-92.



SILICON PLANAR EPITAXIAL TRANSISTORS

P-N-P transistors in a plastic TO-92 envelope, primarily intended for low-noise input stages in tape recorders, hi-fi amplifiers and other audio-frequency equipment.

QUICK REFERENCE DATA

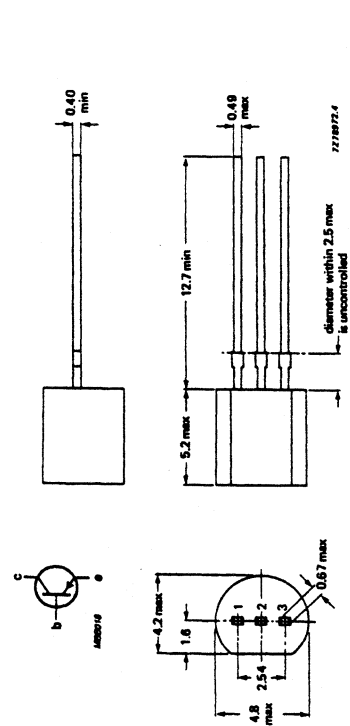
	BC559	BC560
Collector-emitter voltage (+V _{BE} = 0 V)	-V _{CES} max. 30	50 V
Collector-emitter voltage (open base)	-V _{CEO} max. 30	45 V
Collector current (peak value)	-I _{CM} max. 200	200 mA
Total power dissipation up to T _{amb} = 25 °C	P _{tot} max. 500	500 mW
Junction temperature	T _j max. 150	150 °C
D.C. current gain	h _{FE} > 125	125
		800
Transition frequency	f _T typ. 200	200 MHz
Noise figure at R _s = 2 kΩ	F typ. 1,2	1 dB
	F < 4	3 dB
	F < 4	4 dB
	V _n < -	0,11 μV

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-92.

Pinning

- 1 = emitter
- 2 = base
- 3 = collector



BC617
BC618

NPN DARLINGTON TRANSISTOR

NPN small-signal Darlington transistors, each in a plastic TO-92 envelope.
They can be used for general purpose low frequency applications and as relay drivers etc.

QUICK REFERENCE DATA

	BC617	BC618
Collector-base voltage	50	80 V
Collector-emitter voltage	40	55 V
DC collector current	max.	1 A
Total power dissipation up to $T_{amb} = 25^{\circ}C$	max.	625 mW
DC current gain	min.	4000
$I_C = 1 \text{ mA}; V_{CE} = 5 \text{ V}$		2000

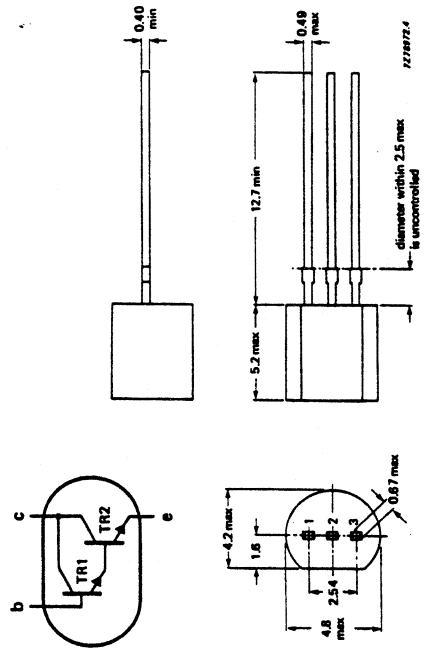
MECHANICAL DATA

Dimensions in mm

Fig. 1 TO-92.

Pinning

- 1 = emitter
- 2 = base
- 3 = collector



BC640

BC639

SILICON PLANAR EPITAXIAL TRANSISTORS

SILICON PLANAR EPITAXIAL TRANSISTORS

P-N-P transistors in a plastic TO-92 envelope, primarily intended for use in driver stages of audio amplifiers. N-P-N complements are BC635, BC637 and BC639.

N-P-N transistors in a plastic TO-92 envelope, primarily intended for use in driver stages of audio amplifiers. P-N-P complements are BC636, BC638 and BC640.

QUICK REFERENCE DATA

	BC635	BC637	BC639
Collector-base voltage (open emitter)	45	60	100 V
Collector-emitter voltage (open base)	45	60	80 V
Collector-emitter voltage (R _{BE} = 1 kΩ)	45	60	100 V
Collector-current (peak value)	1.5	1.5	1.5 A
Total power dissipation up to T _{amb} = 25 °C	1	1	1 W
Junction temperature	150	150	150 °C
D.C. current gain	>	>	40
I _C = 150 mA; V _{CE} = 2 V	250	250	250
Transition frequency	f _T	130	130 MHz
I _C = 10 mA; V _{CE} = 5 V			

	BC636	BC638	BC640
Collector-base voltage (open emitter)	45	60	100 V
Collector-emitter voltage (open base)	45	60	80 V
Collector-emitter voltage (R _{BE} = 1 kΩ)	45	60	100 V
Collector-current (peak value)	1.5	1.5	1.5 A
Total power dissipation up to T _{amb} = 25 °C	1	1	1 W
Junction temperature	150	150	150 °C
D.C. current gain	>	>	40
I _C = 150 mA; -V _{CE} = 2 V	250	250	250
Transition frequency	f _T	50	50 MHz
-I _C = 10 mA; -V _{CE} = 5 V			

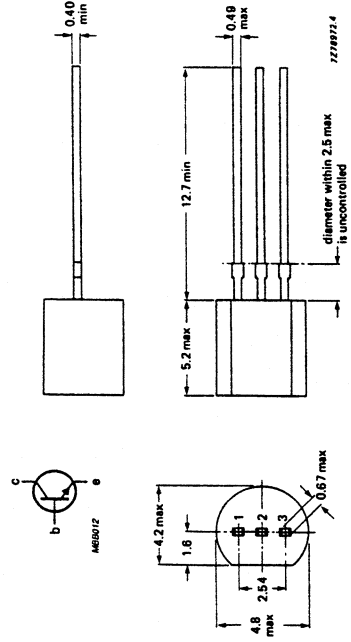
MECHANICAL DATA

Dimensions in mm

Fig. 1 TO-92.

Pinning

- 1 = base
- 2 = collector
- 3 = emitter



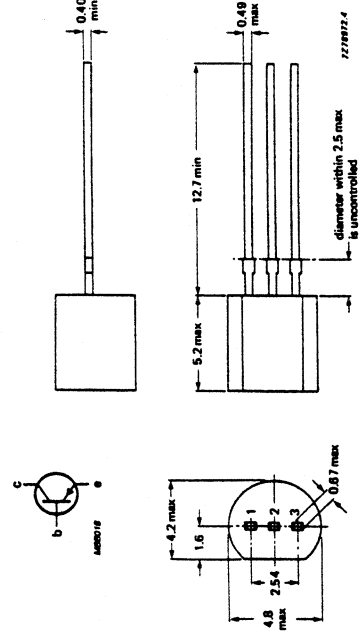
MECHANICAL DATA

Dimensions in mm

Fig. 1 TO-92.

Pinning

- 1 = base
- 2 = collector
- 3 = emitter



BC875
BC877
BC879

SMALL-SIGNAL DARLINGTON TRANSISTORS

NPN epitaxial small-signal Darlington transistors, each in a plastic TO-92 envelope with an integrated diode and resistor.

They can be used for general purpose low frequency applications and as relay drivers etc. NPN complementary types are the BC876, BC878, and BC880.

QUICK REFERENCE DATA

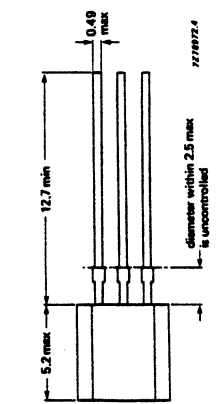
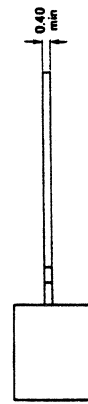
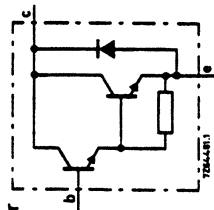
	BC875	877	879
Collector-base voltage	max.	80	100 V
Collector-emitter voltage	max.	45	80 V
DC collector current	max.	1	A
Total power dissipation up to $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	max.	0.8	W
DC current gain	min.	1000	
$I_C = 150\text{ mA}; V_{CE} = 10\text{ V}$			

MECHANICAL DATA

Fig.1 TO-92.

Pinning

- 1 = base
- 2 = collector
- 3 = emitter



7279972.4

BC876
BC878
BC880

SMALL-SIGNAL DARLINGTON TRANSISTORS

PNP epitaxial small-signal Darlington transistors, each in a plastic TO-92 envelope with an integrated diode and resistor.

They can be used for general purpose low frequency applications and as relay drivers etc. NPN complementary types are the BC875, BC877, and BC879.

QUICK REFERENCE DATA

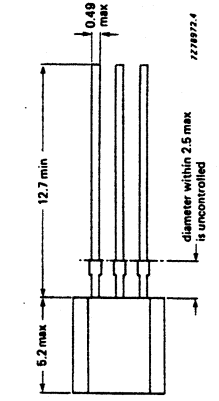
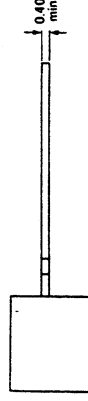
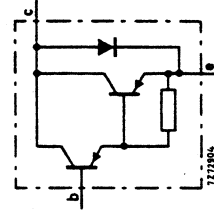
	BC876	878	880
Collector-base voltage	max.	60	100 V
Collector-emitter voltage	max.	45	80 V
DC collector current	max.	1	A
Total power dissipation up to $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$	max.	0.8	W
DC current gain	min.	1000	
$I_C = 150\text{ mA}; -V_{CE} = 10\text{ V}$			

MECHANICAL DATA

Fig.1 TO-92.

Pinning

- 1 = base
- 2 = collector
- 3 = emitter



7279972.4

SILICON PLANAR EPITAXIAL POWER TRANSISTORS

General purpose n-p-n transistors in SOT-32 plastic envelope, recommended for driver stages in hi-fi amplifiers and television circuits.
 The BD136, BD138 and BD140 are complementary to the BD135, BD137 and BD139 respectively.

QUICK REFERENCE DATA

	BD135	BD137	BD139
Collector-base voltage (open emitter)	45	60	100 V
Collector-emitter voltage (open base)	45	60	80 V
Collector-emitter voltage ($R_{BE} = 1 \text{ k}\Omega$)	45	60	100 V
Collector current (d.c.)	1,5	1,5	1,5 A
Collector current (peak value)	2,0	2,0	2,0 A
Total power dissipation up to $T_{mb} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$	8	8	8 W
Junction temperature	150	150	150 $^\circ\text{C}$
D.C. current gain	$>$	40	40
$I_C = 150 \text{ mA}; V_{CE} = 2 \text{ V}$	$<$	250	250
Transition frequency	typ.	250	250 MHz
$I_C = 50 \text{ mA}; V_{CE} = 5 \text{ V}$			

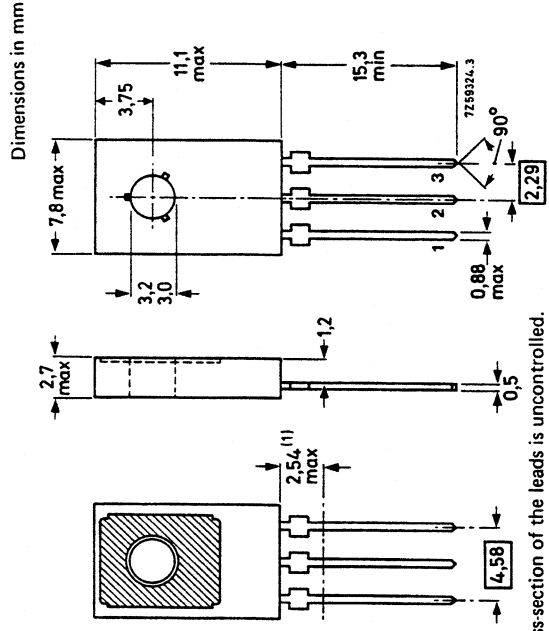
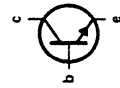
MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-126 (SOT-32).

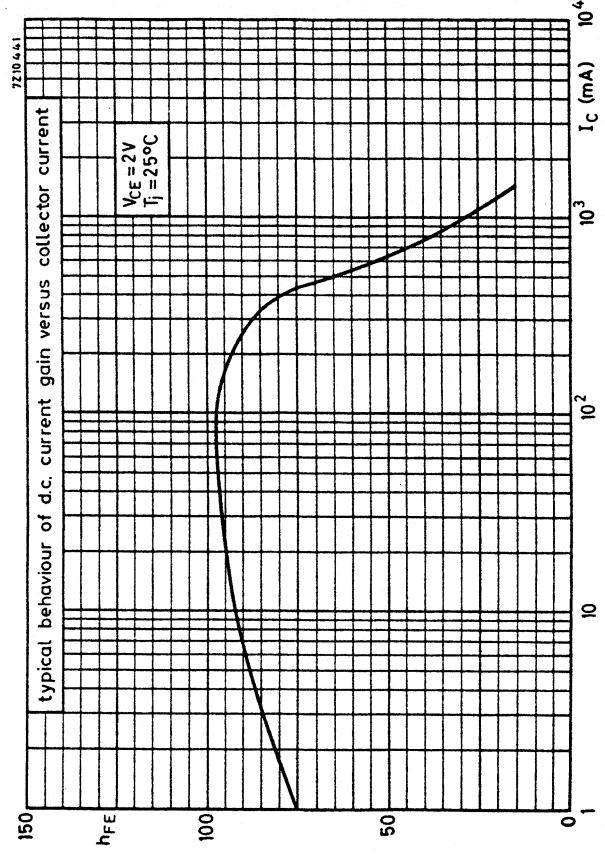
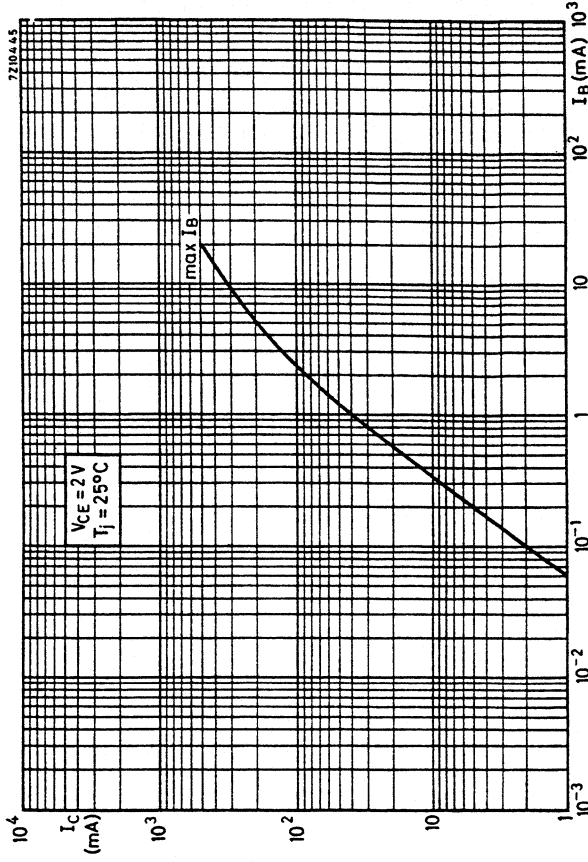
Collector connected to metal part of mounting surface.

Pinning

- 1 = emitter
- 2 = collector
- 3 = base



(1) Within this region the cross-section of the leads is uncontrolled. See also chapters Mounting Instructions and Accessories.



BD136
BD138
BD140

SILICON PLANAR EPITAXIAL POWER TRANSISTORS

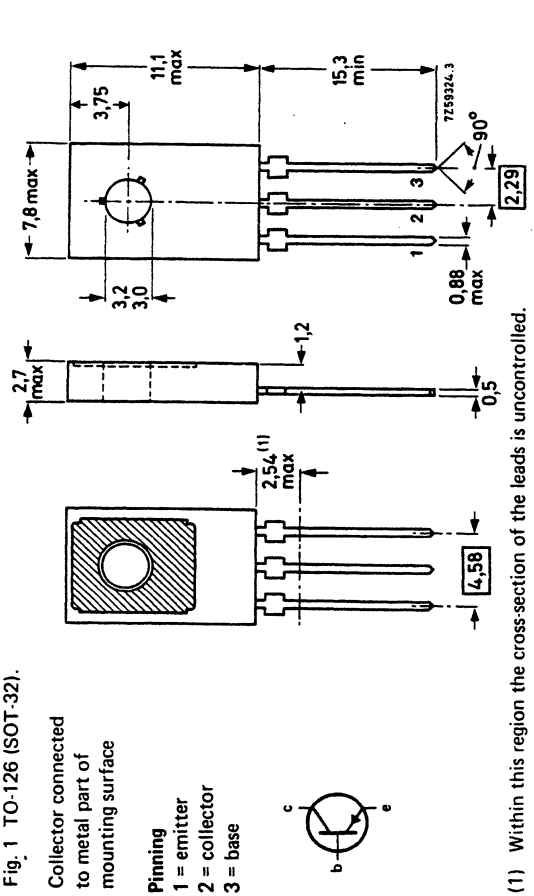
General purpose p-n-p transistors in SOT-32 plastic envelope, recommended for driver stages in hi-fi amplifiers and television circuits.
The BD135, BD137 and BD139 are complementary to the BD136, BD138 and BD140 respectively.

QUICK REFERENCE DATA

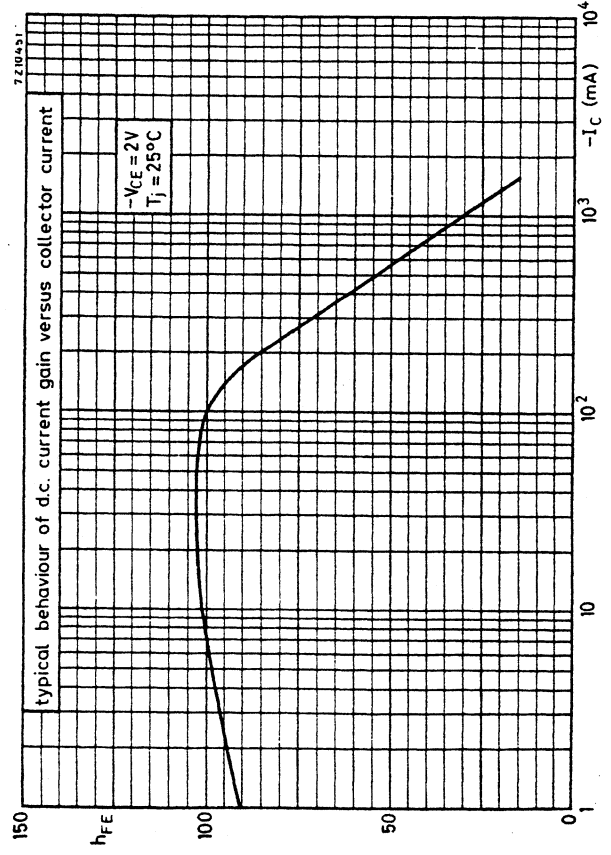
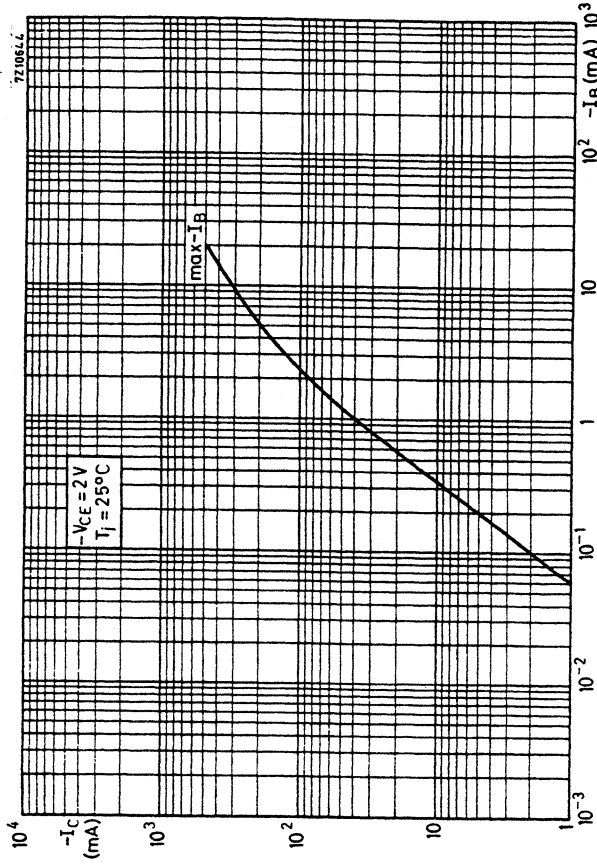
	BD136	BD138	BD140
Collector-base voltage (open emitter)	45	60	100 V
Collector-emitter voltage (open base)	max. 45	max. 60	80 V
Collector-emitter voltage ($R_{BE} = 1 \text{ k}\Omega$)	max. 45	max. 60	100 V
Collector current (d.c.)	max. 1,5	1,5	1,5 A
Collector current (peak value)	max. 2,0	2,0	2,0 A
Total power dissipation up to $T_{mb} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$	max. 8	8	8 W
Junction temperature	max. 150	150	150 $^\circ\text{C}$
D.C. current gain	$>$	$<$	40
$-I_C = 150 \text{ mA}; -V_{CE} = 2 \text{ V}$	250	250	250
Transition frequency	75	75	75 MHz
$-I_C = 50 \text{ mA}; -V_{CE} = 5 \text{ V}$	typ.	typ.	typ.

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-126 (SOT-32).



(1) Within this region the cross-section of the leads is uncontrolled.
See also chapters Mounting instructions and Accessories.



BD643; BD645;
 BD647; BD649;
 BD651

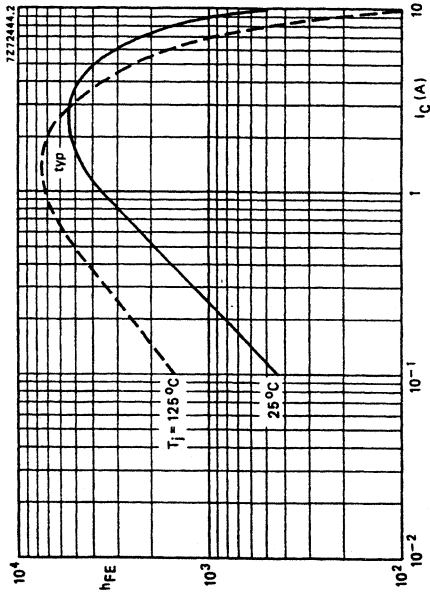


Fig. 13 DC current gain; $V_{CE} = 3\text{ V}$; typical values.

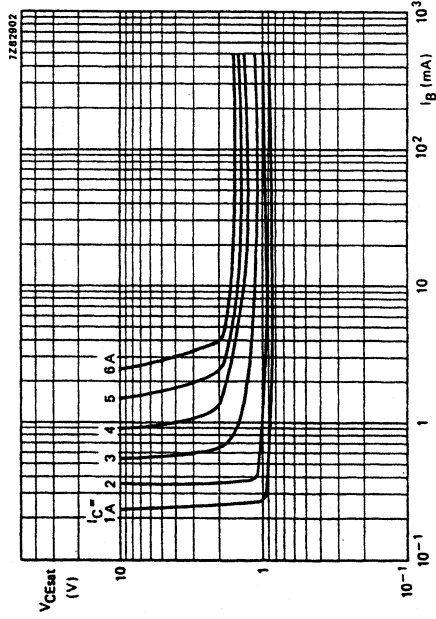


Fig. 14 Collector-emitter saturation voltage; $T_j = 25^\circ\text{C}$; typical values.

SILICON DARLINGTON POWER TRANSISTORS

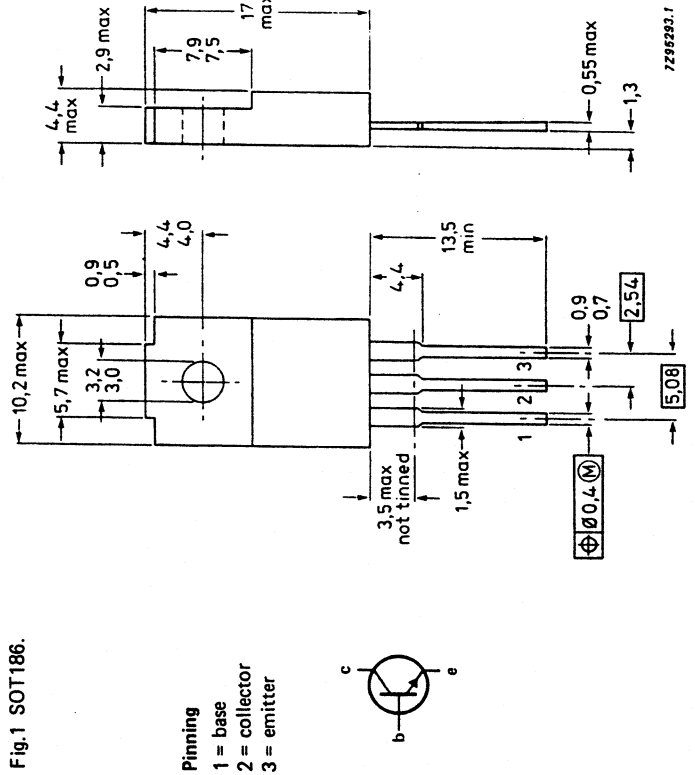
NPN silicon Darlington transistors in a SOT186 envelope with an electrically insulated mounting base.
 PNP complements are BD644F, BD648F, BD649F, BD650F and BD652F.

QUICK REFERENCE DATA

	BD643F	645F	647F	649F	651F
Collector-base voltage (open emitter)	60	80	100	120	140 V
Collector-emitter voltage (open base)	45	60	80	100	120 V
Collector current (DC)	8 A				
Total power dissipation at $T_H \leq 25^\circ\text{C}$	20 W				
Junction temperature	150 $^\circ\text{C}$				

MECHANICAL DATA

Dimensions in mm



7295293.1

Pinning

- 1 = base
- 2 = collector
- 3 = emitter

BD644; 646; 648
BD650; 652

BD644; 646; 648
BD650; 652

SILICON DARLINGTON POWER TRANSISTORS

PNP epitaxial-base transistors in a monolithic Darlington circuit. They are housed in a TO-220 envelope and intended for applications such as audio output stages, switching, and general amplifiers. The NPN complements are BD643, BD645, BD647, BD649 and BD651.

QUICK REFERENCE DATA

	BD644	646	648	650	652
Collector-base voltage (open emitter)	45	60	80	100	120 V
Collector-emitter voltage (open base)	45	60	80	100	120 V
Collector current (DC)			8		A
Total power dissipation up to $T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$			62.5		W
Junction temperature			150		$^{\circ}\text{C}$
DC current gain					
$-I_C = 3\text{ A}; -V_{CE} = 3\text{ V}$	750	750	750	750	750
$-I_C = 4\text{ A}; -V_{CE} = 3\text{ V}$					

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-220.

- Pinning**
1 = base
2 = collector
3 = emitter

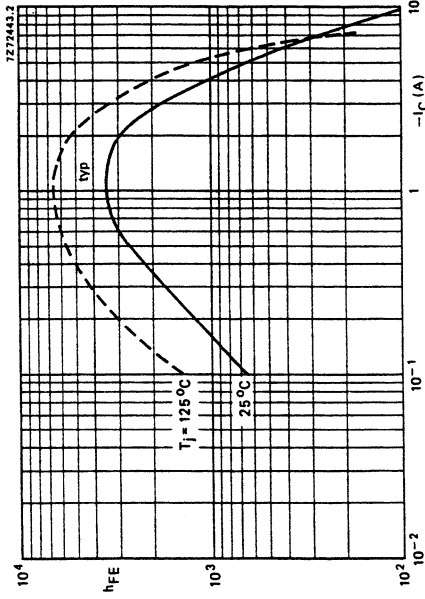
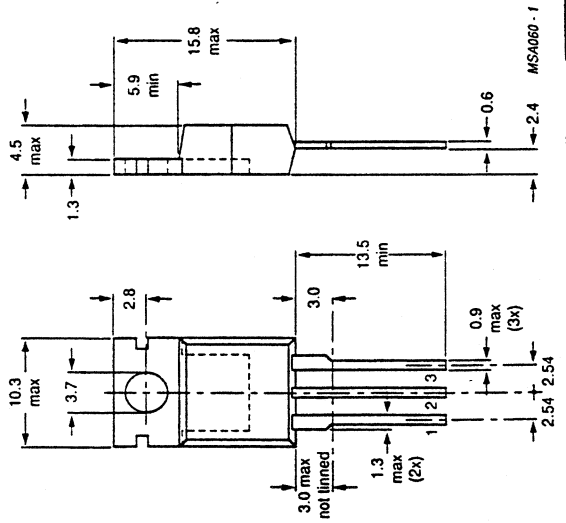
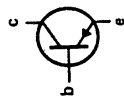


Fig. 12 DC current gain; $-V_{CE} = 3\text{ V}$; typical values.

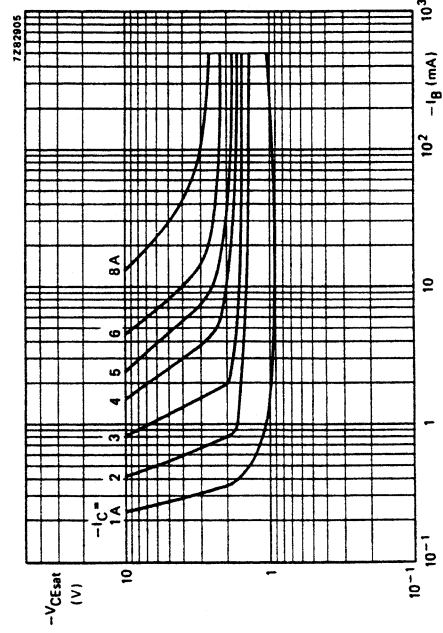


Fig. 13 Collector-emitter saturation voltage; $T_J = 25^{\circ}\text{C}$; typical values.

N-CHANNEL SILICON FIELD-EFFECT TRANSISTORS

General purpose symmetrical N-channel planar epitaxial junction field-effect transistors in a plastic TO-92 variant; intended for applications in l.f. and d.c. amplifiers, and in h.f. amplifiers.

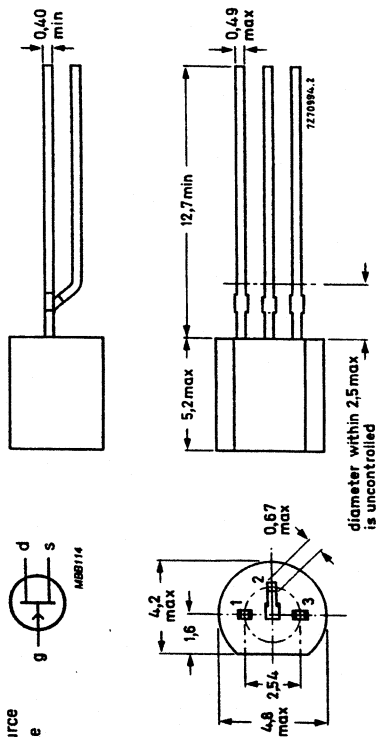
QUICK REFERENCE DATA

Drain-source voltage	$\pm V_{DS}$	max.	30 V
Gate-source voltage (open drain)	$-V_{GSO}$	max.	30 V
Total power dissipation up to $T_{amb} = 75^\circ C$	P_{tot}	max.	300 mW
Drain current	I_{DSS}		
$V_{DS} = 15 V; V_{GS} = 0$		BF245A/0	A B C
		>	0,5 2,0 6
		<	2,1 6,5 15 25 mA
Gate-source cut-off voltage	$-V(P_{IGS})$		0,25 to 8,0 V
$I_D = 10 \text{ nA}; V_{DS} = 15 V$			
Feedback capacitance at $f = 1 \text{ MHz}$	C_{fs}	typ.	1,1 pF
$V_{DS} = 20 V; -V_{GS} = 1 V; T_{amb} = 25^\circ C$			
Transfer admittance (common source)	$ Y_{fs} $		3,0 to 6,5 mS
$V_{DS} = 15 V; V_{GS} = 0; f = 1 \text{ kHz}; T_{amb} = 25^\circ C$			

MECHANICAL DATA

Fig. 1 TO-92 variant.

- Pinning:
 1 = drain
 2 = source
 3 = gate



BF245A TO C

RATINGS

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134)

Drain-source voltage	max.	30 V
Drain-gate voltage (open source)	max.	30 V
Gate-source voltage (open drain)	max.	30 V
Drain current	max.	25 mA
Gate current	max.	10 mA
Power dissipation up to $T_{amb} = 75^\circ\text{C}$	max.	300 mW
up to $T_{amb} = 90^\circ\text{C}$	max.	300 mW (1)
Storage temperature		-65 to +150 °C
Junction temperature	max.	150 °C

THERMAL RESISTANCE

From junction to ambient in free air
From junction to ambient

$R_{th j-a}$	=	250 K/W
$R_{th j-c}$	=	200 K/W

CHARACTERISTICS

$T_j = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Gate cut-off current
 $-V_{GS} = 20\text{ V}; V_{DS} = 0$
 $-V_{GS} = 20\text{ V}; V_{DS} = 0; T_j = 125^\circ\text{C}$

Drain current 2)

$V_{DS} = 15\text{ V}; V_{GS} = 0$

Gate-source breakdown voltage

$-I_G = 1\ \mu\text{A}; V_{DS} = 0$

Gate-source voltage

$I_D = 200\ \mu\text{A}; V_{DS} = 15\text{ V}$

	BF245A	B	C
$-I_{GSS}$	< 5	5	5 nA
$-I_{GSS}$	< 0,5	0,5	0,5 μA
I_{DSS} 3)	> 2	6,0	12 mA
	< 6,5	15,0	25 mA
$-V(BR)_{GSS}$	> 30	30	30 V
$-V_{GS}$ 3)	> 0,4	1,6	3,2 V
	< 2,2	3,8	7,5 V

Gate-source cut-off voltage

$I_D = 10\ \text{nA}; V_{DS} = 15\text{ V}$

y-parameters at $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ (common source)

$V_{DS} = 15\text{ V}; V_{GS} = 0$

f = 1 kHz

Transfer admittance

Output admittance

Input conductance

Reverse transfer admittance

Transfer admittance

Output conductance

$V_{DS} = 20\text{ V}; -V_{GS} = 1\text{ V}$

f = 1 MHz

Input capacitance

Feedback capacitance

Output capacitance

Cut-off frequency*

$V_{DS} = 15\text{ V}; V_{GS} = 0$

Noise figure at f = 100 MHz; $R_G = 1\ \text{k}\Omega$ (common source)

$V_{DS} = 15\text{ V}; V_{GS} = 0; T_{amb} = 25^\circ\text{C}$

input tuned to minimum noise

$-V(P)_{GS}$	0,25 to 8,0 V
$ y_{fs} $	3,0 to 6,5 mS
$ y_{os} $	typ. 25 μS
g_{fs}	typ. 250 μS
$ y_{rs} $	typ. 1,4 mS
$ y_{fs} $	typ. 6 mS
g_{os}	typ. 40 μS
C_{is}	typ. 4,0 pF
C_{rs}	typ. 1,1 pF
C_{os}	typ. 1,6 pF
f_{gfs}	typ. 700 MHz
F	typ. 1,5 dB

1) Transistor mounted on printed-circuit board, maximum lead length 3 mm, mounting pad for drain lead minimum 10 mm x 10 mm.

2) Measured under pulse conditions: $t_p = 300\ \mu\text{s}; \delta \leq 0,02$.

3) BF245A/0: $I_{DSS} = 0,5$ to $2,1\ \text{mA}; -V_{GS} = 0,2$ to $1,0\text{ V}$
 BF245A/1: $I_{DSS} = 1,9$ to $3,0\ \text{mA}; -V_{GS} = 0,4$ to $1,0\text{ V}$
 BF245A/2: $I_{DSS} = 3,0$ to $4,5\ \text{mA}; -V_{GS} = 0,7$ to $1,4\text{ V}$
 BF245A/3: $I_{DSS} = 4,5$ to $6,5\ \text{mA}; -V_{GS} = 1,1$ to $2,2\text{ V}$.

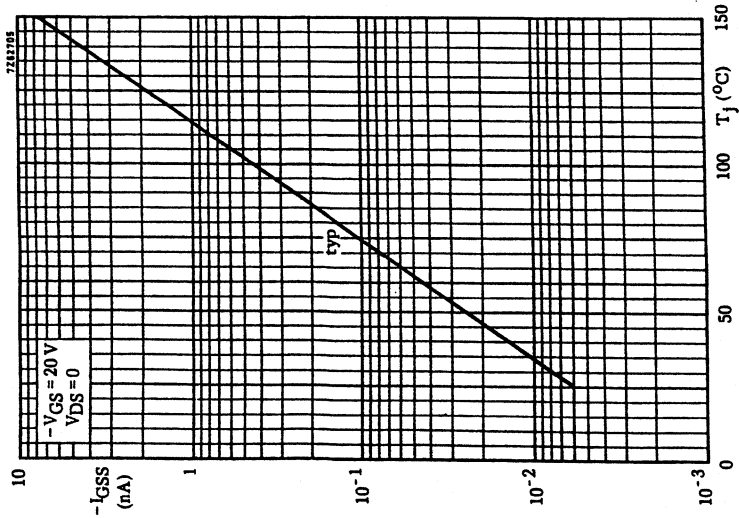


Fig. 2

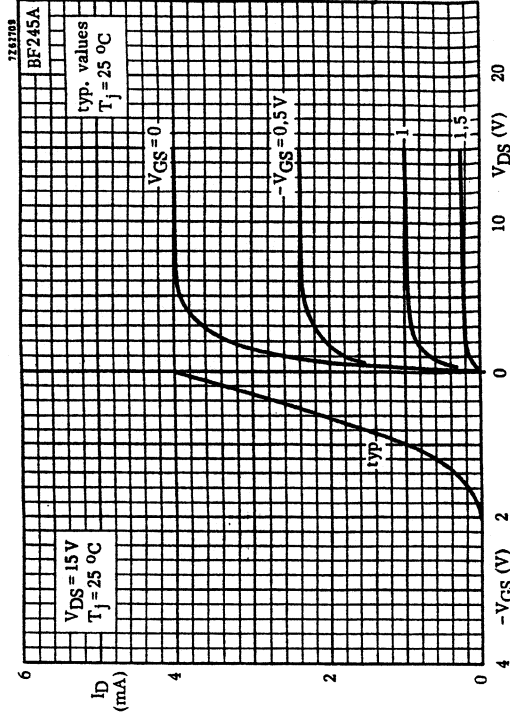


Fig. 3

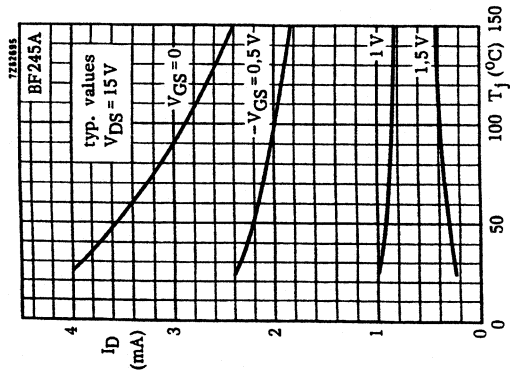


Fig. 4

BF245A TO C

N-channel silicon field-effect transistors

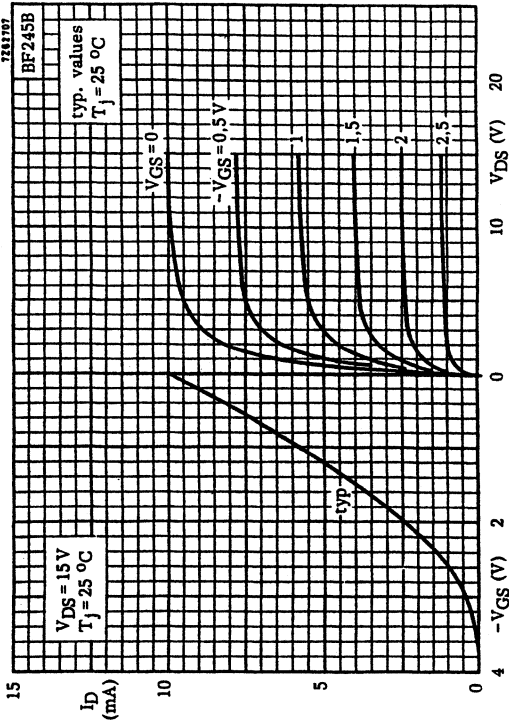


Fig. 5

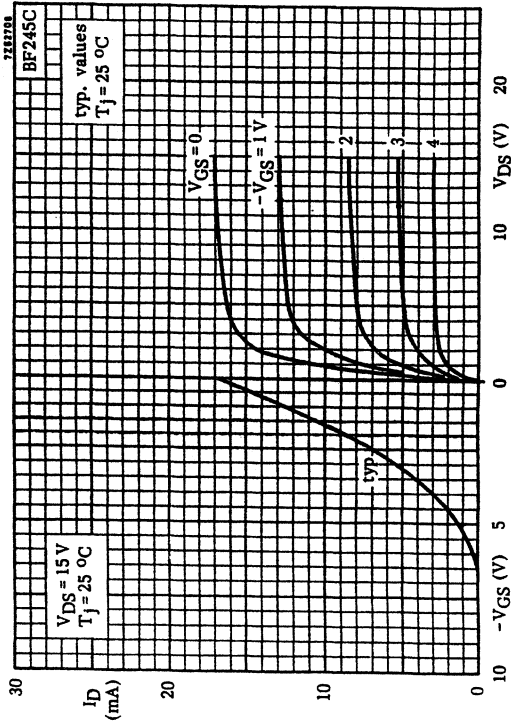


Fig. 7

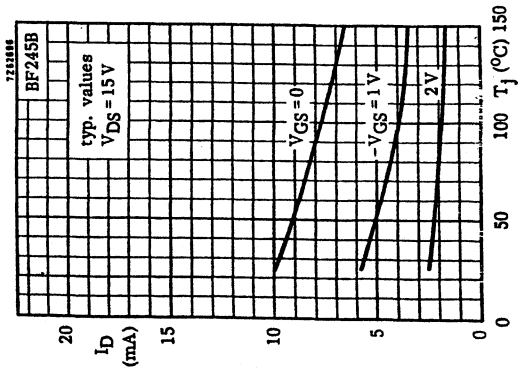


Fig. 6

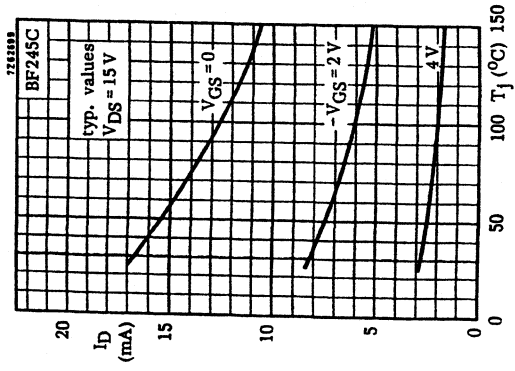


Fig. 8

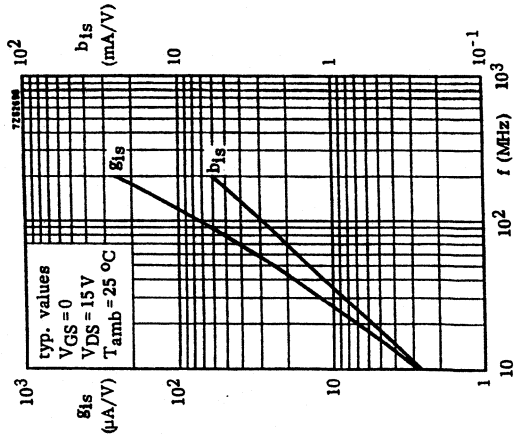


Fig. 9

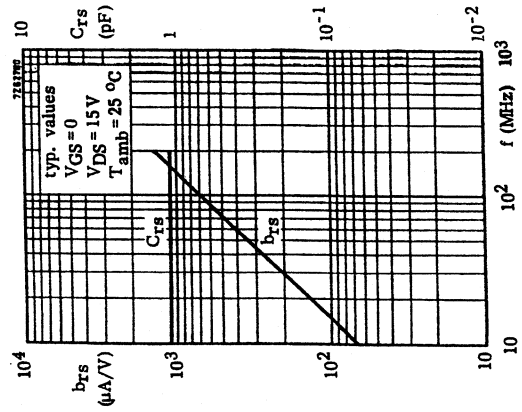


Fig. 10

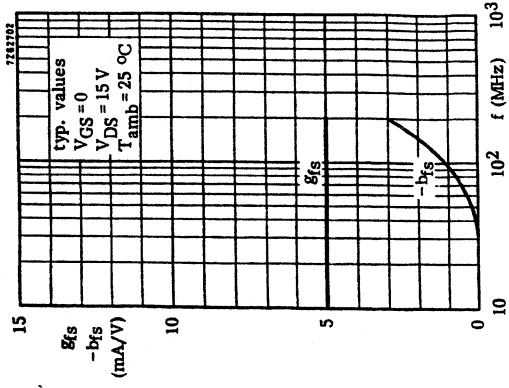


Fig. 11

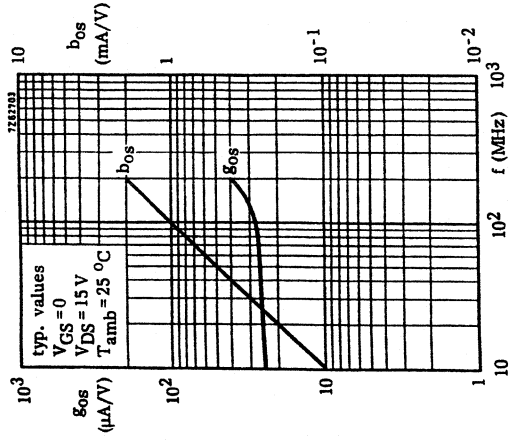


Fig. 12

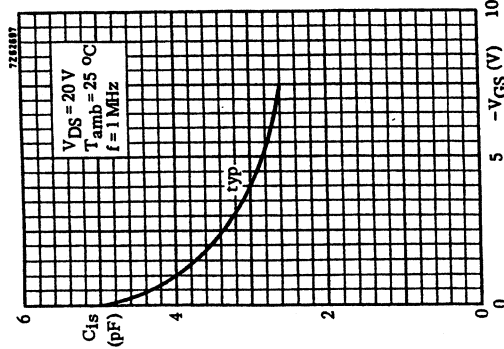


Fig. 13

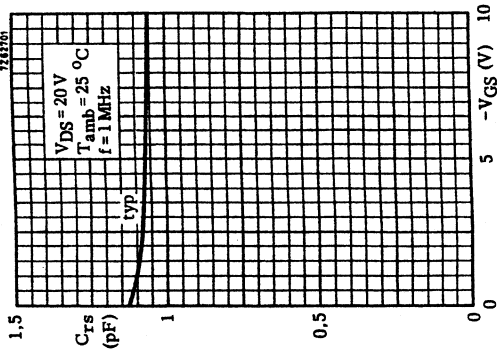


Fig. 14

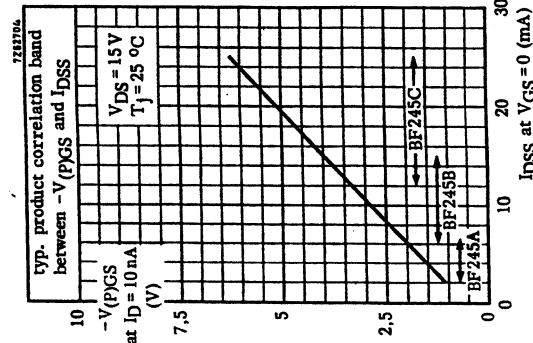


Fig. 16

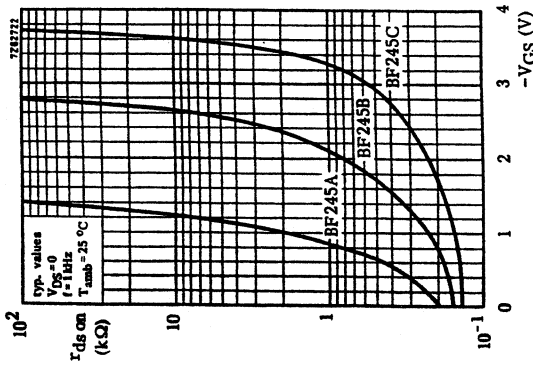


Fig. 17

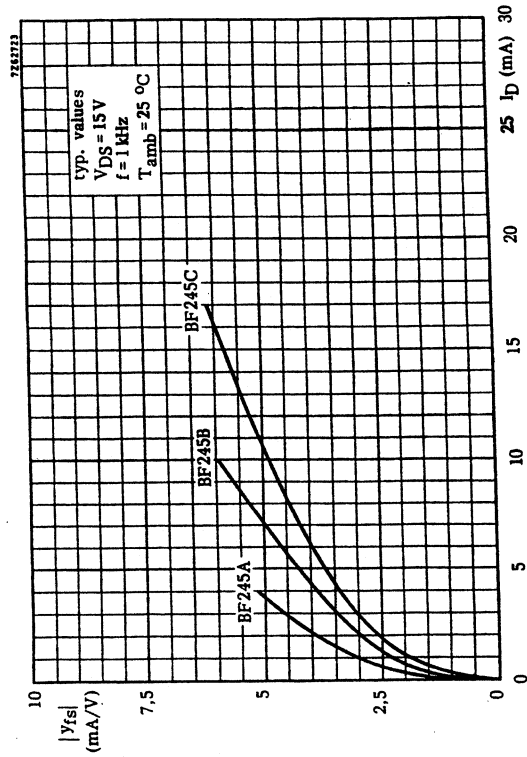


Fig. 15

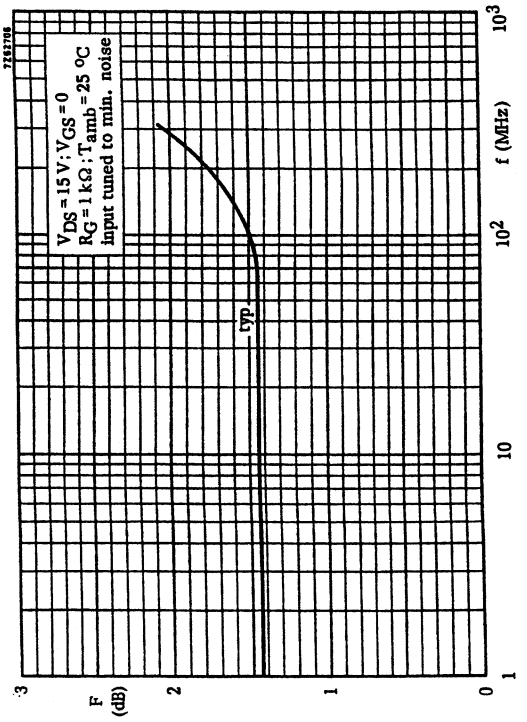


Fig. 18

Thyristors, Triacs

Range

Is de transistor uit drie lagen opgebouwd, PNP of NPN, zo is de thyristor uit vier lagen opgebouwd, NPNP, en de triac uit vijf, NPNNP. Alhoewel er low-power devices zijn, hebben thyristor en triac hun belangrijkste toepassing in het schakelen van relatief hoge spanningen en grote stromen.

Afhankelijk van het type:

- maximale anodespanning: 50 ... 1500 volt
- maximale anodestroom: 1 ... 1000 ampère

Werking

Thyristor:

De thyristor kent drie aansluitingen, Anode, Kathode en Gate.

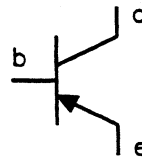
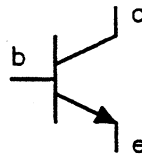
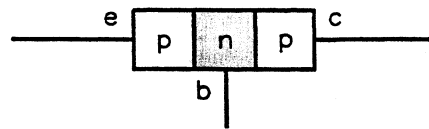
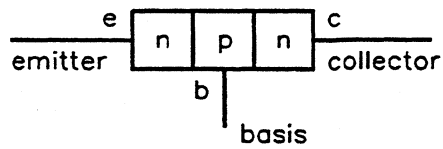
Bij normaal gebruik staat er op de anode een positieve spanning t.o.v de kathode. Wordt deze spanning omgekeerd dan zal de thyristor niet geleiden. Van gate naar kathode meten we een normale P-N diode overgang, vergelijkbaar met de basis-emitter diode van een NPN transistor.

De thyristor werkt min of meer als schakelaar. Hij kent twee toestanden: aan, d.w.z. geleidend en uit, sperrend. De thyristor wordt in de geleidende toestand gebracht door een kleine stroom van gate naar kathode te sturen.

Van anode naar kathode zal er dan een stroom gaan lopen. Over de thyristor blijft er nu een spanning van 1 tot 2 volt staan. Als de gate-stroom onderbroken wordt blijft de thyristor toch geleiden. Met de gate kan de anodestroom wel worden aangezet, maar niet worden uitgezet.

Om de thyristor weer in sperrende toestand te brengen moet de anodestroom door andere oorzaak even nul, of wel zeer laag worden gemaakt. De thyristor dooft dan. De stroom waarbij de thyristor nog net niet dooft heet de "houdstroom". Meestal gebeurt dit automatisch omdat de anodespanning een wisselspanning of pulserende gelijkspanning is. Na elke (halve) periode wordt de stroom daardoor automatisch even nul.

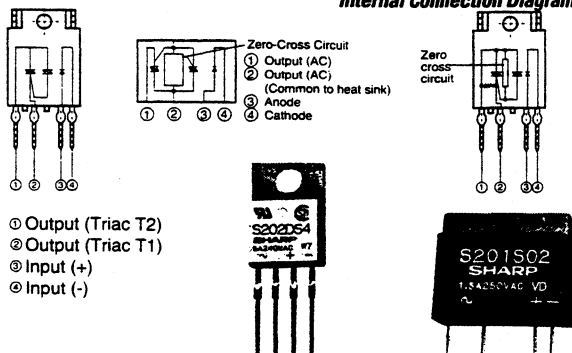
Er zijn speciale typen, GTO (Gate Turn Off) genaamd, waarmee de anodestroom te onderbreken is door kortstondig een grote stroom uit de gate te trekken. In feite wordt daarbij tijdelijk de kathodestroom door de gate overgenomen. Gaat het aanzetten elegant met een kleine stroom, het uitzetten gaat met brute kracht.



25) Transistoren: npn en pnp, met schemasymbolen.

Elektronische vermogensrelais

Internal Connection Diagrams



Solid State Relays

Bestnr.	type	be- hui- zing	aan- sluit- schema	techn.spec.	LED- stroom/ mA	p.st
16 81 30-55	S 202 DS 2	1	A	8 A/max.600 V	8	11.50
*16 81 49-55	S 202 DS 4	1	A	5 A/max.600 V	8	12.95
16 81 57-55	S 201 SO 1	2	B	1,5 A/max.600V	15	8.95
*16 81 65-55	S 201 SO 2	2	B	1,5 A/max.600V	15	9.95
**16 25 58-55	S 202 S 12	3	C	8 A/max.600 V	8	21.50
*16 25 23-55	S 216 SO 2	3	B	16 A/max.600 V	8	14.95

* met geïntegreerde nuldoorgangschakelaar

** met geïntegreerde nuldoorgangschakelaar en RC-schakel

Triac:

De triac kan gezien worden als twee thyristors, die parallel staan met anode en kathode omgekeerd. De triac is evenals de thyristor een aan-uit device, maar kan dat voor beide polariteiten. De gate van de triac wordt gestuurd ten opzichte van wat hier heet: Anode-2. Zowel door een stroom de gate in te sturen als door er een uit te trekken wordt de triac ontstoken. Dat geldt ook weer voor beide polariteiten van de spanning tussen A1 en A2. De triac dooft als de stroom even nul wordt, hetgeen bij bedrijf op wisselspanning automatisch gebeurt.

Waardereeksen

De codering van thyristoren en triacs zit schijnbaar verstopt in de codering van transistoren. Typenummers als BR... en BT... wijzen meestal naar dit soort devices. Verder is er weinig regelmaat. Handboeken moeten uitkomst bieden.

Er zijn z.g. opto-triacs. Deze hebben in plaats van een aansluiting voor de gate een LED-fototransistor. Door een stroom in de orde grootte van 10 mA te sturen door de LED ontsteekt de triac. De LED is galvanisch gescheiden van de triac. Omdat deze component de functie van een elektro-mechanisch relais (voor wisselstroom) overneemt heet hij meestal "Solid state relay"

Konstruktie

Thyristoren en triacs worden net als transistoren vervaardigd. Voor zeer hoge stromen zet men vele thyristors parallel. Dit gebeurt door op een plak in een ringvormige structuur een groot aantal identieke thyristors te maken. Deze afzonderlijke thyristors worden op de plak getest en de defecte exemplaren (enkele stuks) worden met een laser weggebrand. Daarna worden de overgebleven thyristors parallel aan elkaar aangesloten door de plak in te klemmen tussen metalen ringen. Zo maakt men thyristors voor 1000 A.

Warmteafvoer

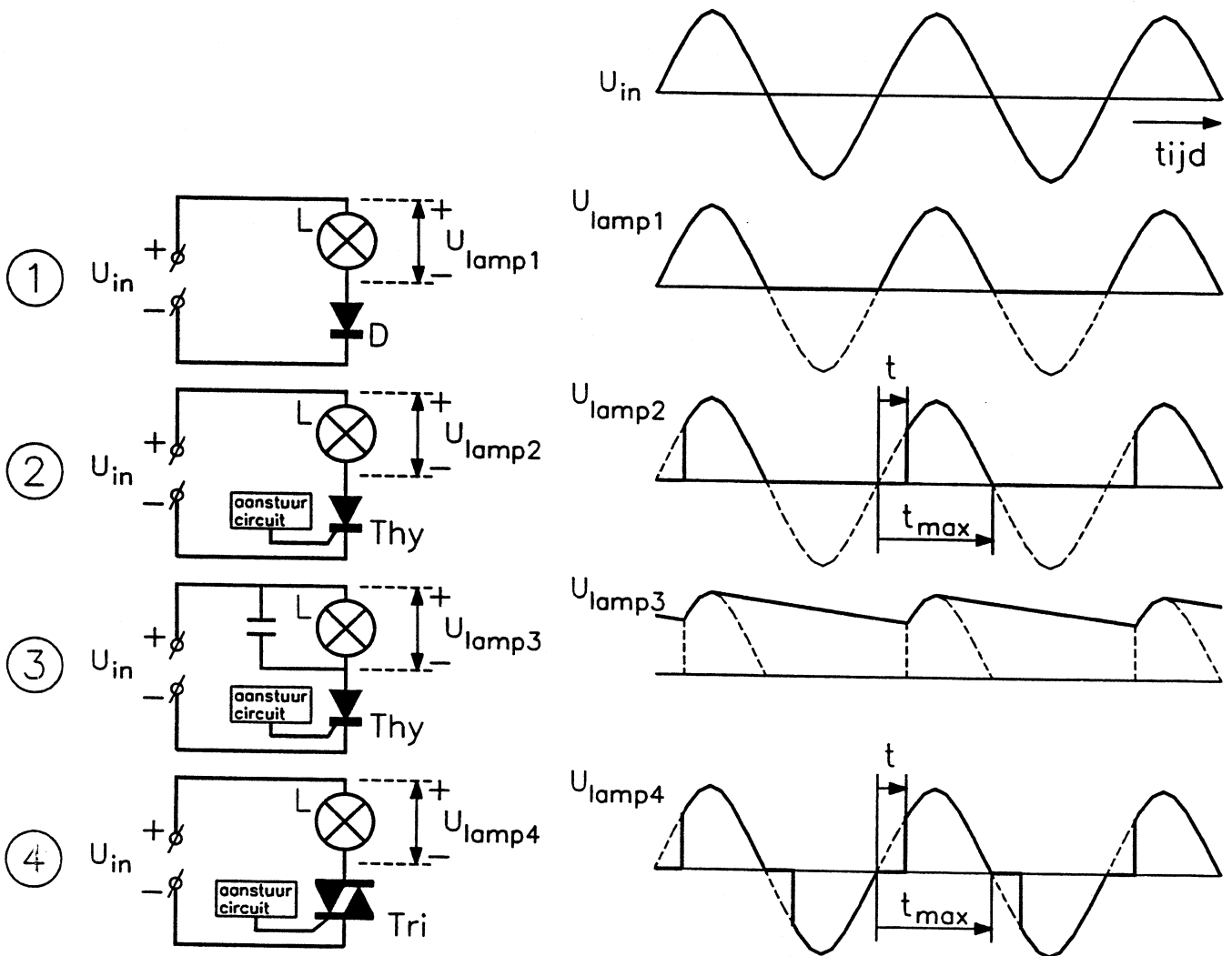
In de aan-toestand staat er over de thyristor of triac een spanning van een volt of anderhalf. Loopt er dan tien ampère, dan wordt er nog altijd 15 watt aan warmte ontwikkeld. Daarom zitten triacs en thyristors in transistor behuizingen die extra koeling toelaten. In dimmers (enkele ampères) wordt dat meestal niet gedaan. Toch kun je voelen dat ze warm worden.

In de echte high-power toepassingen worden de thyristoren zorgvuldig met rond stromende vloeistof gekoeld.

Gebruik

Thyristors en triacs zijn in vele gevallen de uitweg om wisselspanning van 220 volt te schakelen of te besturen met de microcomputer. Zij verdringen in sterke mate het gebruik van relais. Realiseer je dat gelijkspanning hiermee niet geschakeld kan worden (ja, wel aan, maar niet meer uit).

Ook in echte high-power toepassingen voelt de thyristor zich thuis. Regeling en besturing van hijskranen en industriële walsen gebeurt momenteel hoofdzakelijk door zware thyristors aangestuurd door microcomputers. Ook in de moderne treinen worden de motoren (1000 volt bij 1000 ampère) met GTO's geregeld.



7.5 Werking thyristor en triac. In situatie 1 brandt de lamp op halve lichtsterkte, omdat de negatieve delen van de periode niet door de diode doorgelaten worden. In situatie 2 kan de lichtsterkte van de lamp geregeld worden van 0 tot de helft van de maximale sterkte, d.m.v. instellen van tijdsduur t ($t = 0$: halve sterkte; $t = t_{max}$: lamp is uit). Door de parallel geschakelde condensator in situatie 3 knippert de lamp nu minder. In situatie 4 is de lichtsterkte regelbaar van 0 tot vol ($t = 0$: volle sterkte; $t = t_{max}$: lamp is uit).

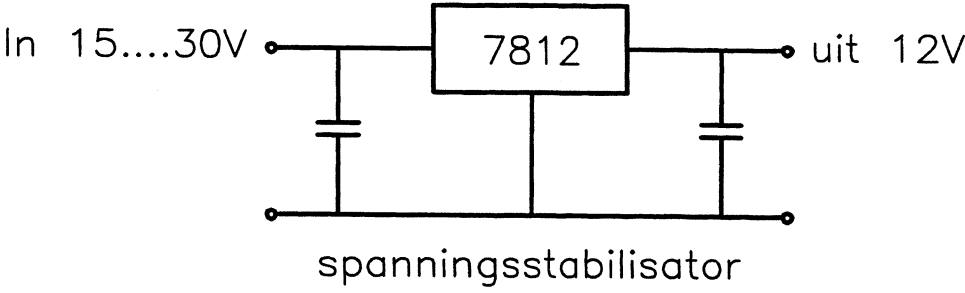
Deze specialisatie in de elektronica heet "Vermogens Elektronica".

De "killing application" voor triacs is natuurlijk de lichtdimmer en de regelaar van elektrisch gereedschap en stofzuigers. De dimmende en regelende werking wordt verkregen door fase-aansnijding.

Beperkingen

Het gebruik van triacs en thyristors is lastig wanneer de belasting sterk inductief is, d.w.z. het karakter van een spoel heeft. Dat komt doordat de stroom in dit geval niet in fase is met de spanning. Op het moment dat de stroom door nul gaat en het device dooft, klapt de spanning van de anode ineens van nul naar de maximale waarde. Die plotselinge spanningsverandering (men noemt dit ook $dVdt$) geeft intern capacitief een stroomstootje in de gate, waardoor het device weer ontsteekt. De triac of thyristor is nu schijnbaar niet meer te doven.

Een opto-triac (solid state relay) heeft om dezelfde redenen problemen met sterk inductieve belastingen. Hij kan natuurlijk ook geen gelijkspanning uitschakelen.



Intergrated Circuits: Analooog

Typen

Geen wereld is zo divers als die van de analoge geïntegreerde schakelingen. Speciaal voor de toepassing in radio en TV is er een scala aan speciale circuits, die het de elektronisch ontwerper van deze apparaten gemakkelijk maken een technisch perfect produkt te maken zonder zich in allerlei details te moeten verdiepen. Wij gaan hier niet verder op in, omdat dit het specifieke gebied van de elektronicus is.

Een tweetal analoge circuits willen we hier echter niet onvermeld laten:

- de geïntegreerde spanningsstabilisator
- de operationele versterker

Spanningsstabilisator

Een stabiele voedingsspanning is belangrijk voor het merendeel van alle elektronische schakelingen. Sinds jaren zijn daartoe relatief complexe geïntegreerde circuits te koop, die een vaste uitgangsspanning geven wanneer er een voldoende hoge ingangsspanning wordt aangeboden. De schakeling werkt als een ventiel, dat stroom doorlaat zodra de uitgangsspanning onder de gewenste waarde zakt.

De stabilisator (voltage regulator) heeft slechts drie aansluitingen en ziet er ook uit als een transistor. De drie aansluitingen zijn bestemd voor: ingangsspanning, aarde en uitgangsspanning.

De ingangsspanning moet minstens een volt of drie hoger zijn dan de uitgangsspanning. Dit spanningsverschil is nodig om de "ventieltransistor" te kunnen laten werken. Er zijn overigens speciale z.g. "low drop" regulators te koop die met minder spanningsdaling (1 volt) toe kunnen.

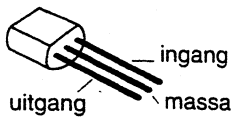
De spanningsdaling over de stabilisator betekent natuurlijk dat er warmte in het IC wordt gedissipeerd, immers er gaat meer vermogen in dan er uit komt. Deze warmte moet net als bij een (power) transistor naar een heatsink worden afgevoerd. Het metaal van de transistorbehuizing zit altijd aan de meest negatieve aansluiting. Bij het stabiliseren van een positieve spanning (t.o.v. aarde) is dat dus aarde, bij een stabilisator voor negatieve spanning is het de negatieve ingangsspanning.

Spanning en stroom

Intern in het IC zit een zenerdiode die de waarde van de uitgangsspanning bepaalt. Daarom zijn deze IC's te koop in diverse uitgangsspanningen: 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24 volt.

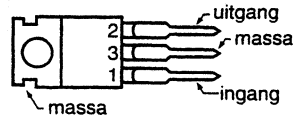
Voor negatieve spanningen is de reeks wat minder uitbundig.

➤ Positieve vaste spanningsregelaars



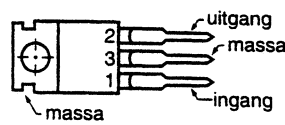
Vaste spanningsregelaar 100 mA, positief

Bestnr.	type	spg.	p.st.	>10 st. à
14 71 09-55	78L 02	2 V	1.15	1.-
18 30 24-55	78L 05	5 V	-.95	-.80
14 71 17-55	78L 06	6 V	1.-	-.95
18 30 40-55	78L 08	8 V	-.95	-.80
18 32 70-55	78L 09	9 V	-.95	-.80
18 23 54-55	78L 10	10 V	1.-	-.95
18 30 59-55	78L 12	12 V	-.95	-.80
18 30 67-55	78L 15	15 V	-.95	-.80



1 A vaste spanningsregelaar, positief

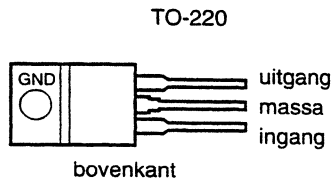
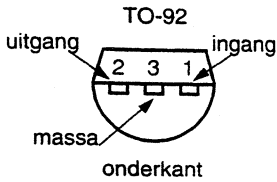
Bestnr.	type	spg.	p.st.	>10 st. à
17 92 05-55	7805	5V	-.95	-.80
17 92 13-55	7806	6V	1.15	1.-
17 92 21-55	7808	8V	1.15	1.-
17 91 91-55	7809	9V	1.15	1.-
17 91 24-55	7810	10V	1.15	1.-
17 92 30-55	7812	12V	-.95	-.80
17 92 48-55	7815	15V	-.95	-.80
17 92 56-55	7818	18V	1.15	1.-
17 92 64-55	7824	24V	1.15	1.-



2 A vaste spanningsregelaar, positief

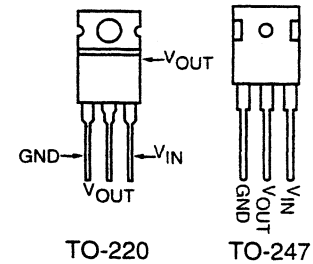
Voor een nog hogere stroom (tot max. 2 A), thermisch beveiligd en kortsluitvast (volgens L 20 XX CV)

Bestnr.	type	uitg. spanning	p.st.	v.a. 10 st. à
17 93 45-55	78 S 05	+ 5 V	1.70	1.35
14 82 70-55	78 S 75	+7,5 V	1.95	1.80
14 82 88-55	78 S 09	+ 9,0 V	1.95	1.80
14 82 96-55	78 S 10	+ 10 V	1.95	1.80
17 93 53-55	78 S 12	+ 12 V	1.70	1.35
17 93 61-55	78 S 15	+ 15 V	1.70	1.35
14 83 00-55	78 S 18	+ 18 V	1.95	1.80
17 93 70-55	78 S 24	+ 24 V	1.65	1.35



Precisie low-drop vaste spanningsregelaar, positief

- Spanningsstabilisatiefactor 0,015 %
- Belastingstabilisatiefactor 0,01 %
- Spanningsval 1 V
- Kortsluitvast.



Low-drop spanningsregelaars, positief

Kenmerkend door hun lage vermogensverlies. Waar normale types minstens een spanningsverschil tussen in- en uitgang van min. 2-3 V nodig hebben, is hier 0,5-1 V. M.a.w. uw voeding kan aanzienlijk compakter worden. Het warmteverlies wordt sterk gereduceerd. De levensduur wordt verlengd.

Alle low-drop spanningsregelaars zijn:
-thermisch beveiligd en kortsluitvast
-beveiligd tegen te hoge spanningen.

Bestnr.	type	uitg. spg./stroom	afb.	p.st.	v.a. 3 st. à
17 56 76-55	LP 2950 CZ	5 V/100 mA	1	5.20	4.85
17 57 14-55	LM 2940 CT	5 V/1 A	2	4.50	3.95
17 43 78-55	LM 2940 CT	12 V/1 A	2	4.75	4.25
17 43 43-55	LM 2940 CT	15 V/1,5 A	2	4.20	3.85

Bestnr.	type	uitg. spg.	uitg. stroom	behuizing	p.st.	>3 st. à
14 82 45-55	LT1086-5CT	5 V	1,5 A	TO-220	9.60	8.50
14 82 53-55	LT1086-12CT	12 V	1,5 A	TO-220	9.60	8.50
14 81 80-55	LT 1085-5CT	5 V	3,0 A	TO-220	18.95	16.95
14 81 99-55	LT 1085-12CT	12 V	3,0 A	TO-220	18.95	16.95
14 82 10-55	LT 1084-5CP	5 V	5,0 A	TO-242	26.45	23.95
14 82 29-55	LT 1084-12CP	12 V	5,0 A	TO-247	26.45	23.95
14 81 64-55	LT 1083-5CP	5 V	7,5 A	TO-247	36.65	32.95
14 81 72-55	LT 1083-12CP	12 V	7,5 A	TO-247	36.65	32.95

1,5 A vaste spanningsregelaar, positief

Bestnr.	Type	Spg.	p.st.
18 29 15-55	7805 KC	5 V	4.85
18 29 40-55	7812 KC	12 V	5.90
18 29 58-55	7815 KC	15 V	4.85
18 29 74-55	7824 KC	24 V	5.95
17 58 11-55	LM 309 K	5 V	7.95

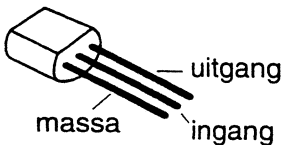
3 A vaste spanningsregelaar, positief, 5 V

Bestnr.	type	p.st.
17 66 30-55	LM 323 K	9.75

5 A vaste spanningsregelaar, positief, 5 V

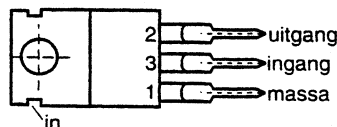
Bestnr.	type	p.st.
18 32 45-55	LT 1003 CK	19.95

➤ Negatieve vaste spanningsregelaars



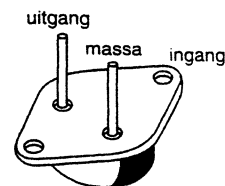
100 mA vaste spanningsregelaar, negatief

Bestnr.	type	uitg. spg.	p.st.
18 33 00-55	79L 05	- 5 V	1.15
18 33 18-55	79L 12	- 12 V	1.15
18 33 26-55	79L 15	- 15 V	1.15



1 A vaste spanningsregelaar, negatief

Bestnr.	type	uitg. spg.	p.st.
17 92 72-55	7905	- 5 V	1.15
17 93 02-55	7912	-12 V	1.15
17 93 10-55	7915	-15 V	1.15
17 93 29-55	7918	-18 V	1.15
17 93 37-55	7924	-24 V	1.15



1,5 A vaste spanningsregelaar, negatief

Bestnr.	type	spg.	p.st.
18 31 30-55	7912 KC	-12 V	4.85
18 31 48-55	7915 KC	-15 V	4.85

De maximale stroom die de uitgang kan leveren is elektronisch begrensd. Bij de standaard stabilisatoren is deze stroom 1 ampère. Er zijn ook low-power regulators tot een stroom van 100 mA. Zij zien er uit als een kleine transistor en hoeven niet gekoeld te worden. Tevens zijn er stabilisator IC's van 2 en 3 ampère.

Typenummers

De standaard nummering voor spanningsstabilisatoren is:
positieve spanning: 7805 (+5V) 7812 (+12V) enz.
negatieve spanning: 7905 (-5V) 7912 (-12V) enz.
low power: 78L05, 78L15, 79L05 enz.

De verschillende fabrikanten zetten soms eigen letters vóór de typenummers.

Stabiliteit

De prestaties van de geïntegreerde spanningsstabilisator zijn indrukwekkend. Variaties van de ingangsspanning van vele volten resulteren in variaties van de uitgangsspanning van slechts enkele millivolts. Ook daalt de uitgangsspanning slechts een paar millivolt als de uitgangsstroom verandert van nul tot maximum. Dit kan alleen als er veel versterking in de schakeling is aangebracht, zodat de kleinste veranderingen van de uitgangsspanning de ventieltransistor tussen wijd open en helemaal dicht kunnen sturen.

Veel versterking in een circuit maakt het gevaar van oscilleren (intern rondzingen) groot. Om dit gevaar te bedwingen is het nodig zowel de ingangsspanning als de uitgangsspanning met een condensator naar aarde te ontkoppelen. Waarde: 10 μ F. Deze condensatortjes moeten dicht bij het IC aangesloten zijn. Lange draden doen het effect teniet.

Prijs

Omdat deze schakelingen in zeer grote aantallen gemaakt worden is de prijs heel laag geworden. In grote aantallen betaalt men een paar dubbeltjes, maar zelfs in de hobbymarkt zijn ze zelden duurder dan een gulden. Met losse transistoren is het onmogelijk een schakeling te maken voor dit geld die maar in de verste verte kan wedijveren met deze circuits.

Operationele versterker

In plaats van losse transistoren om een versterker te ontwerpen kun je ook uit gaan van een soort super-versterker. Door tegenkoppeling toe te passen is deze superversterker dan aan de behoeften aan te passen. Zo'n super-versterker is de operationele versterker, kortweg: Opamp.

Karakteristieken:

- twee ingangen, gemerkt + en -
- een spanningsverschil tussen de ingangen zie je versterkt op de uitgang
- versterking: veel, zeg een miljoen maal
- ingangsweerstand: zeer hoog, vele megaohms
- voeding: symmetrisch, meestal + en - 15 volt.

De zeer hoge versterking houdt in dat de opamp zonder tegenkoppeling onhanteerbaar wild is. De enige toepassing in deze configuratie is die van comparator: het vergelijken van twee spanningen, waarbij de uitgang aangeeft welke spanning de hoogste is (uitgang +15V of -15V). Er zijn opamps die speciaal hiervoor ontworpen zijn. Hun uitgang klapt veel sneller om van de ene uiterste stand in de andere als de onderlinge polariteit van de ingangen wisselt. Bij een gewone opamp kan dat wel even (microseconden) duren.

Verschijningsvorm

De meest klassieke geïntegreerde opamp is die van het type 741 (zie documentatiebladen).

Speciale typen

In de loop der tijd zijn er speciale typen opamps ontstaan:

- FET-ingang: zeer hoogohmig aan de ingang, ingangsstroom = 0
- Low voltge: werkt ook op een lage voedingsspanning, bijv 5 volt
- Low noise: ruist minder dan de standaard typen
- Low distortion: weinig vervorming, speciaal voor audio

Documentatiebladen

Hier volgen enige documentatiebladen van de besproken analoge IC's. Merk op dat behalve de directe gegevens van de circuits er nogal wat toepassings voorbeelden (application information) gegeven worden. Hieruit mag je afleiden dat lang niet iedere elektronicus uit zijn hoofd weet waar hij aan moet denken bij het gebruik van analoge IC's.

General purpose operational amplifier μ A741/ μ A741C/SA741C

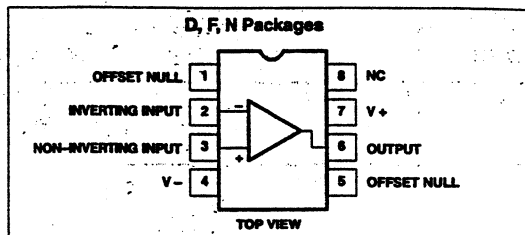
DESCRIPTION

The μ A741 is a high performance operational amplifier with high open-loop gain, internal compensation, high common mode range and exceptional temperature stability. The μ A741 is short-circuit-protected and allows for nulling of offset voltage.

FEATURES

- Internal frequency compensation
- Short circuit protection
- Excellent temperature stability
- High input voltage range

PIN CONFIGURATION



ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-55°C to +125°C	μ A741N	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	μ A741CN	0404B
8-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	-40°C to +85°C	SA741CN	0404B
8-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	-55°C to +125°C	μ A741F	0580A
8-Pin Ceramic Dual In-Line Package (CERDIP)	0 to +70°C	μ A741CF	0580A
8-Pin Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	μ A741CD	0174C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT	
V_S	Supply voltage	μ A741C	± 18	V
		μ A741	± 22	V
P_D	Internal power dissipation	D package	780	mW
		N package	1170	mW
		F package	800	mW
V_{IN}	Differential input voltage	± 30	V	
V_{IN}	Input voltage ¹	± 15	V	
I_{SC}	Output short-circuit duration	Continuous		
T_A	Operating temperature range	μ A741C	0 to +70	°C
		SA741C	-40 to +85	°C
		μ A741	-55 to +125	°C
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	°C	
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	°C	

NOTES:

1. For supply voltages less than $\pm 15V$, the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

General purpose operational amplifier

 μ A741/ μ A741C/SA741C

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	μ A741			μ A741C			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage	$R_S=10\text{k}\Omega$		1.0	5.0		2.0	6.0	mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$		$R_S=10\text{k}\Omega$, over temp.		1.0	6.0		10	7.5	mV/ $^\circ\text{C}$
I_{OS}	Offset current	Over temp. $T_A=+125^\circ\text{C}$ $T_A=-55^\circ\text{C}$		20	200		20	200	nA
$\Delta I_{OS}/\Delta T$				7.0	200			300	nA/ $^\circ\text{C}$
				20	500		200		nA/ $^\circ\text{C}$
I_{BIAS}	Input bias current	Over temp. $T_A=+125^\circ\text{C}$ $T_A=-55^\circ\text{C}$		80	500		80	500	nA
$\Delta I_B/\Delta T$				30	500			800	nA/ $^\circ\text{C}$
				300	1500		1		nA/ $^\circ\text{C}$
V_{OUT}	Output voltage swing	$R_L=10\text{k}\Omega$	± 12	± 14		± 12	± 14		V
		$R_L=2\text{k}\Omega$, over temp.	± 10	± 13		± 10	± 13		V
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	$R_L=2\text{k}\Omega$, $V_O=\pm 10\text{V}$	50	200		20	200		V/mV
		$R_L=2\text{k}\Omega$, $V_O=\pm 10\text{V}$, over temp.	25			15			V/mV
	Offset voltage adjustment range			± 30			± 30		mV
PSRR	Supply voltage rejection ratio	$R_S \leq 10\text{k}\Omega$					10	150	$\mu\text{V/V}$
		$R_S \leq 10\text{k}\Omega$, over temp.		10	150				$\mu\text{V/V}$
CMRR	Common-mode rejection ratio	Over temp.				70	90		dB
				70	90				dB
I_{CC}	Supply current	$T_A=+125^\circ\text{C}$ $T_A=-55^\circ\text{C}$		1.4	2.8		1.4	2.8	mA
				1.5	2.5				mA
				2.0	3.3				mA
V_{IN}	Input voltage range	(μ A741, over temp.)	± 12	± 13		± 12	± 13		V
R_{IN}	Input resistance		0.3	2.0		0.3	2.0		M Ω
P_D	Power consumption	$T_A=+125^\circ\text{C}$ $T_A=-55^\circ\text{C}$		50	85		50	85	mW
				45	75				mW
				45	100				mW
R_{OUT}	Output resistance			75			75		Ω
I_{SC}	Output short-circuit current		10	25	60	10	25	60	mA

General purpose operational amplifier

 μ A741/ μ A741C/SA741C

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	SA741C			UNIT
			Min	Typ	Max	
V_{OS}	Offset voltage	$R_S = 10\text{k}\Omega$		2.0	6.0	mV
$\Delta V_{OS}/\Delta T$		$R_S = 10\text{k}\Omega$, over temp.		10	7.5	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
I_{OS}	Offset current	Over temp.		20	200	nA
$\Delta I_{OS}/\Delta T$				200	500	nA
I_{BIAS}	Input bias current	Over temp.		80	500	nA
$\Delta I_B/\Delta T$				1	1500	nA
V_{OUT}	Output voltage swing	$R_L = 10\text{k}\Omega$	± 12	± 14		V
		$R_L = 2\text{k}\Omega$, over temp.	± 10	± 13		V
A_{VOL}	Large-signal voltage gain	$R_L = 2\text{k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{V}$	20	200		V/mV
		$R_L = 2\text{k}\Omega$, $V_O = \pm 10\text{V}$, over temp.	15			V/mV
	Offset voltage adjustment range			± 30		mV
PSRR	Supply voltage rejection ratio	$R_S \leq 10\text{k}\Omega$		10	150	$\mu\text{V}/\text{V}$
CMRR	Common mode rejection ration		70	90		dB
V_{IN}	Input voltage range	Over temp.	± 12	± 13		V
R_{IN}	Input resistance		0.3	2.0		M Ω
P_d	Power consumption			50	85	mW
R_{OUT}	Output resistance			75		Ω
I_{SC}	Output short-circuit current			25		mA

AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

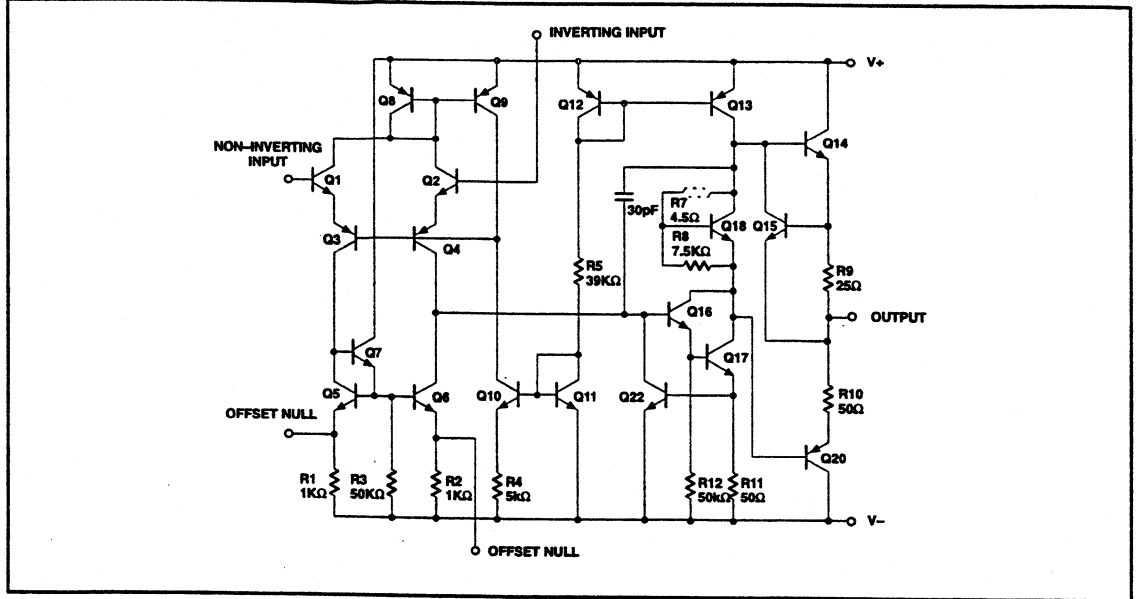
 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = \pm 15\text{V}$, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	μ A741, μ A741C			UNIT
			Min	Typ	Max	
R_{IN}	Parallel input resistance	Open-loop, $f = 20\text{Hz}$	0.3			M Ω
C_{IN}	Parallel input capacitance	Open-loop, $f = 20\text{Hz}$		1.4		pF
	Unity gain crossover frequency	Open-loop		1.0		MHz
t_R	Transient response unity gain	$V_{IN} = 20\text{mV}$, $R_L = 2\text{k}\Omega$, $C_L \leq 100\text{pF}$				
	Rise time			0.3		μs
	Overshoot			5.0		%
SR	Slew rate	$C \leq 100\text{pF}$, $R_L \geq 2\text{k}\Omega$, $V_{IN} = \pm 10\text{V}$		0.5		V/ μs

General purpose operational amplifier

μ A741/ μ A741C/SA741C

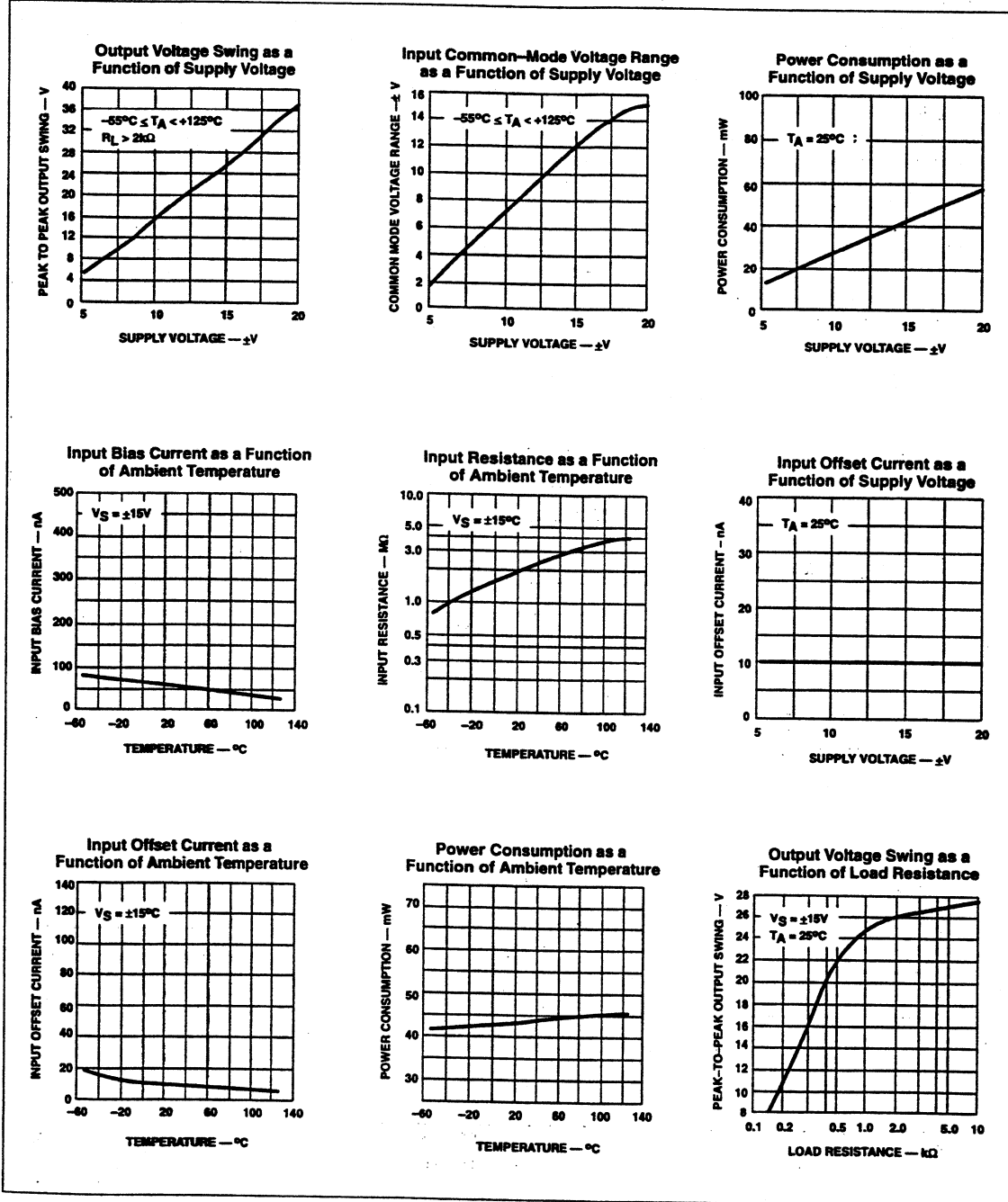
EQUIVALENT SCHEMATIC



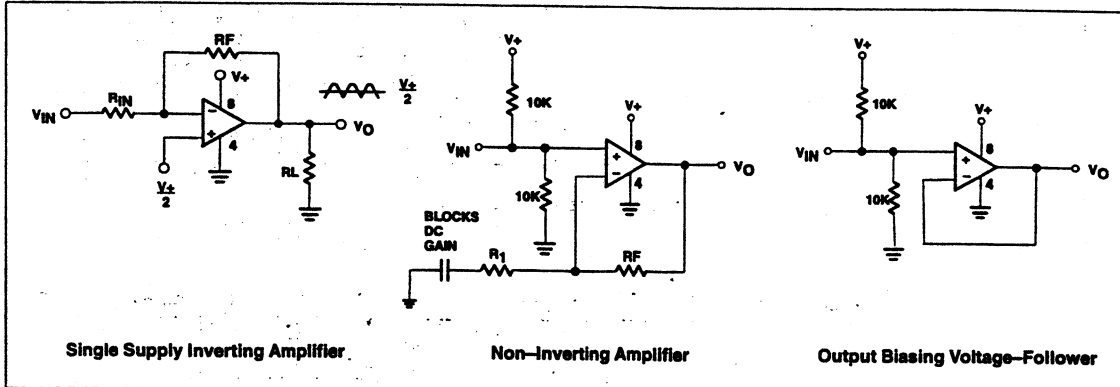
General purpose operational amplifier

μ A741/ μ A741C/SA741C

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



TYPICAL APPLICATIONS



Dual voltage comparator

LM219/319

DESCRIPTION

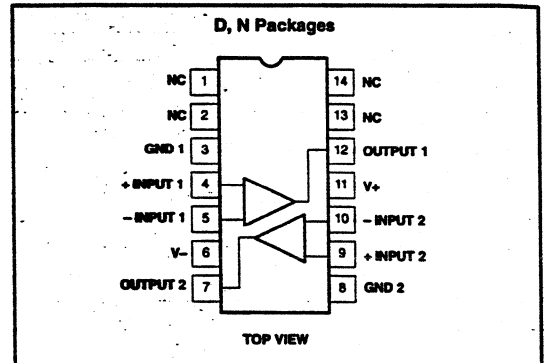
The LM319 series are precision high-speed dual comparators fabricated on a single monolithic chip. They are designed to operate over a wide range of supply voltages down to a single 5V logic supply and ground. Further, they have higher gain and lower input currents than devices like the $\mu A710$. The uncommitted collector of the output stage makes the LM319 compatible with RTL, DTL, and TTL as well as capable of driving lamps and relays at currents up to 25mA.

Although designed primarily for applications requiring operation from digital logic supplies, the LM319 series are fully specified for power supplies up to $\pm 15V$. It features faster response than the LM111 at the expense of higher power dissipation. However, the high-speed, wide operating voltage range and low package count make the LM319 much more versatile than older devices like the $\mu A711$.

FEATURES

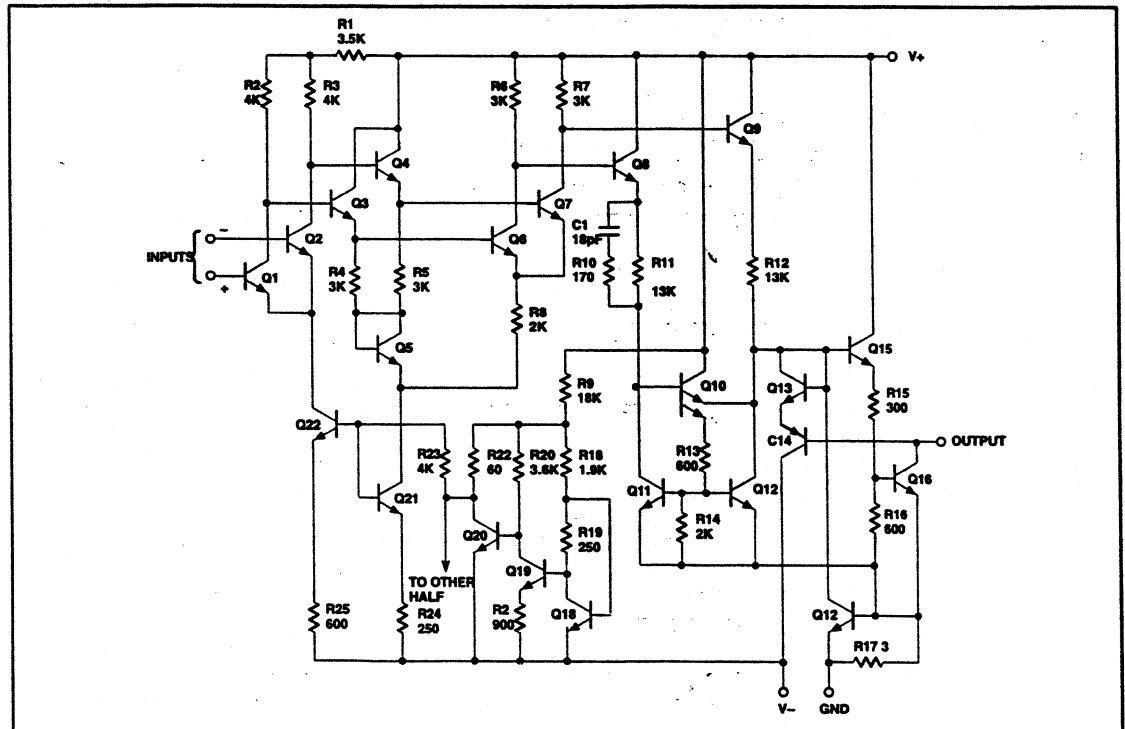
- Two independent comparators
- Operates from a single 5V supply
- Typically 80ns response time at $\pm 15V$
- Minimum fanout of 3 (each side)

PIN CONFIGURATION



- Maximum input current of $1\mu A$ over temperature
- Inputs and outputs can be isolated from system ground
- High common-mode slew rate

EQUIVALENT SCHEMATIC



Dual voltage comparator

LM219/319

ORDERING INFORMATION

DESCRIPTION	TEMPERATURE RANGE	ORDER CODE	DWG #
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	-25 to +85°C	LM219D	0175D
14-Pin Plastic Small Outline (SO) Package	0 to +70°C	LM319D	0175D
14-Pin Plastic Dual In-Line Package (DIP)	0 to +70°C	LM319N	0405B

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

SYMBOL	PARAMETER	RATING	UNIT	
V_S	Total supply voltage	36	V	
	Output to negative supply voltage	36	V	
	Ground to negative supply voltage	25	V	
	Ground to positive supply voltage	18	V	
	Differential input voltage	± 5	V	
V_{IN}	Input voltage ¹	± 15	V	
	Maximum power dissipation, $T_A=25^\circ\text{C}$ (still-air) ²	N package	1420	mW
		D package	1040	mW
	Output short-circuit duration	10	s	
T_A	Operating temperature range	LM219	-25 to +85	
		LM319	0 to +70	
T_{STG}	Storage temperature range	-65 to +150	$^\circ\text{C}$	
T_{SOLD}	Lead soldering temperature (10sec max)	300	$^\circ\text{C}$	

NOTES:

- For supply voltages less than $\pm 15\text{V}$, the absolute maximum rating is equal to the supply voltage.
- Derate above 25°C , at the following rates:
N package at $11.4\text{mW}/^\circ\text{C}$
D package at $8.3\text{mW}/^\circ\text{C}$

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$V_S=\pm 15\text{V}$, $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ for LM219, $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 70^\circ\text{C}$ for LM319, unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LM219			LM319			UNIT
			Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
V_{OS}	Input offset voltage ^{1, 2}	$R_S \leq 5\text{k}\Omega$, $T_A=25^\circ\text{C}$ Over temp.		0.7	4.0		2.0	8.0	mV
I_{OS}	Input offset current ^{1, 2}	$T_A=25^\circ\text{C}$ Over temp.		30	75		80	200	nA
					100			300	
I_B	Input bias current ¹	$T_A=25^\circ\text{C}$ Over temp.		150	500		250	1000	nA
					1000			1200	
A_V	Voltage gain	$T_A=25^\circ\text{C}$	8	40		8	40		V/mV
V_{OL}	Saturation voltage	$V_{IN} \leq 10\text{mV}$, $I_{OUT} = 25\text{mA}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_+ \geq 4.5\text{V}$, $V_- = 0$		0.75	1.5		0.75	1.5	V
		$V_{IN} \leq 10\text{mV}$, $I_{OUT} = 3.2\text{mA}$		0.3	0.6		0.3	0.4	
I_{OH}	Output leakage current	$V_- = 0\text{V}$, $V_{IN} \geq 10\text{mV}$ $V_{OUT} = 35\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		0.2	10		0.2	10	μA
V_{IN}	Input voltage range	$V_S = \pm 15\text{V}$ $V_+ = 5\text{V}$, $V_- = 0\text{V}$	1	± 13		1	± 13		V
V_{ID}	Differential input voltage			± 5			± 5		V
I_+	Positive supply current	$V_+ = 5\text{V}$, $V_- = 0\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		4.3			4.3		mA
I_+	Positive supply current	$V_S = \pm 15\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		8.0	12.5		8.0	12.5	mA
I_-	Negative supply current	$V_S = \pm 15\text{V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$		3.0	5.0		3.0	5.0	mA

NOTES:

- V_{OS} , I_{OS} and I_B specifications apply for a supply voltage range of $V_S = \pm 15\text{V}$ down to a single 5V supply.
- The offset voltages and offset currents given are the maximum values required to drive the output to within 1V of either supply with a 1mA load. Thus these parameters define an error band and take into account the worst case effects of voltage gain and input impedance.

Dual voltage comparator

LM219/319

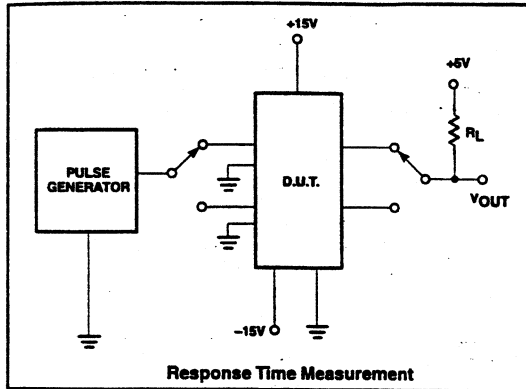
AC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	LIMITS			UNIT
			Min	Typ	Max	
t_R	Response time ¹	$V_S = \pm 15V, T_A = 25^\circ C$ $R_L = 500\Omega$ (see test figure)		80		ns

NOTES:

1. The response time specified is for a 100mV step with 5mV overdrive.

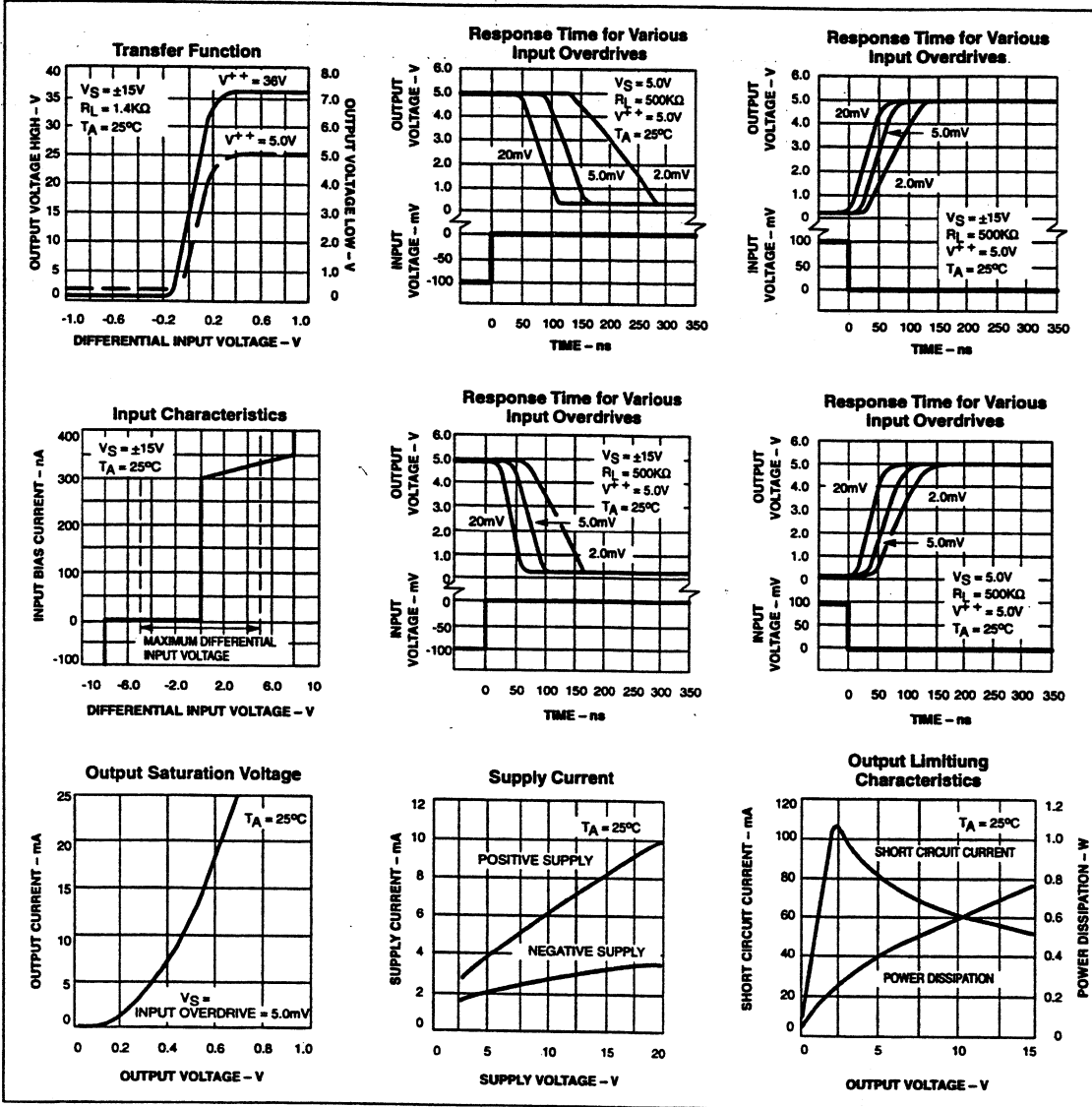
TEST CIRCUIT



Dual voltage comparator

LM219/319

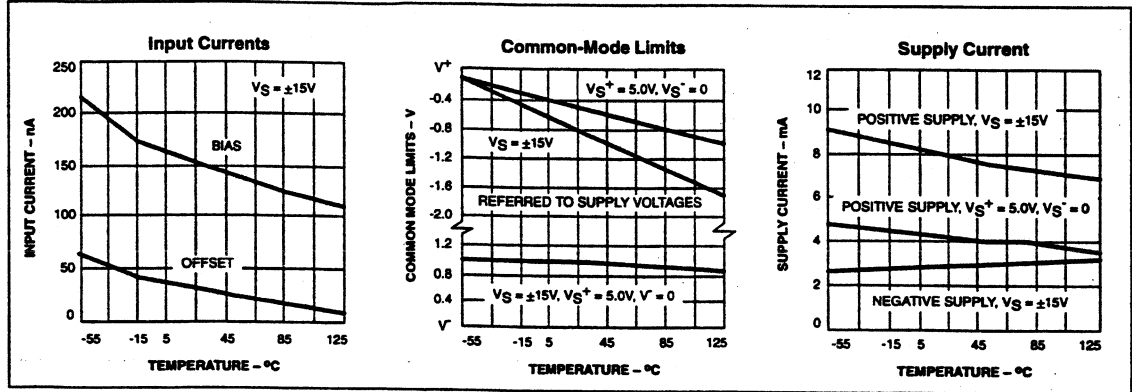
TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



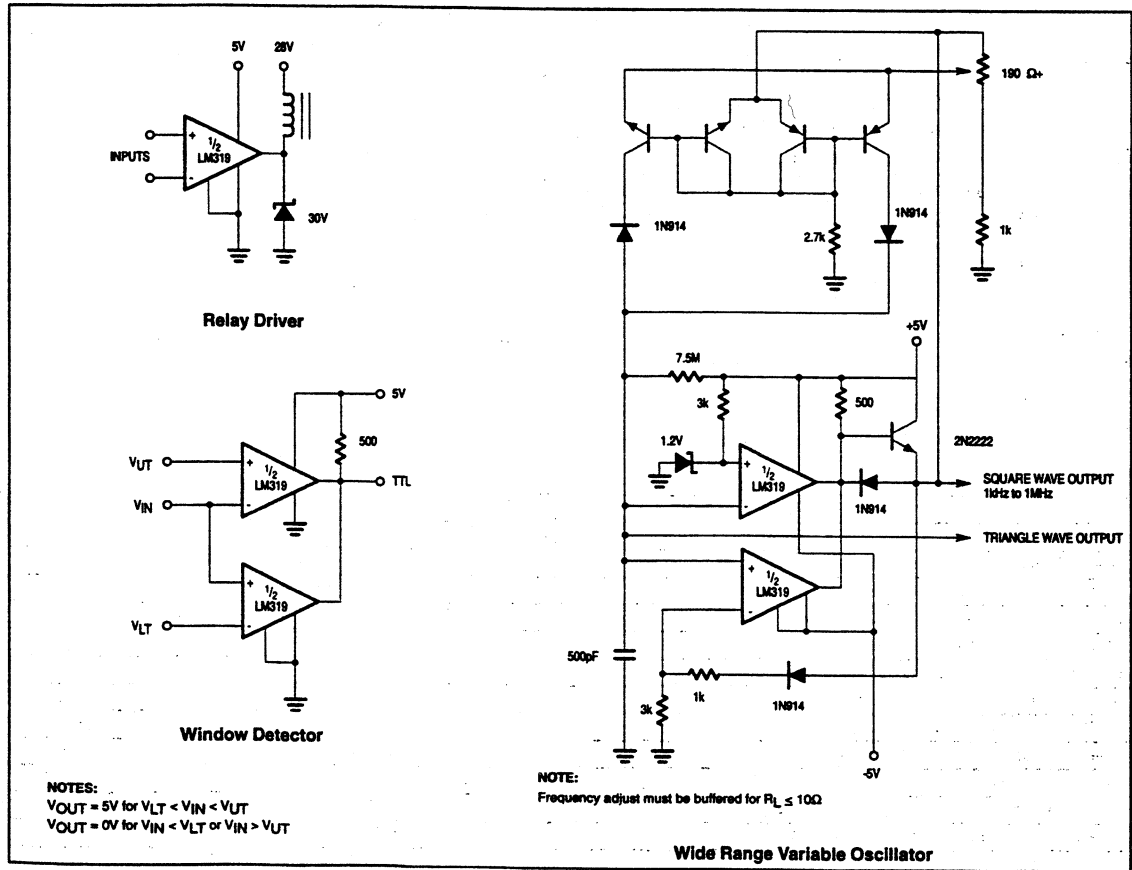
Dual voltage comparator

LM219/319

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS (Continued)



TYPICAL APPLICATIONS



Integrated Circuits: Digitaal

Nul en één

Logische bewerkingen zijn digitaal eenvoudig te realiseren. De logische 0 en 1 zijn voor te stellen door:

1: er loopt stroom
0: er loopt geen stroom
of
1: een hoge spanning
0: een lage spanning
of
1: de transistor geleidt
0: de transistor spert

Het lijkt wel alsof hier vaste regels voor zijn, maar het berust allemaal op afspraken. Die afspraken moeten tevoren duidelijk gemaakt zijn. Want let op: wanneer een transistor geleidt (1), dan is de collectorspanning laag (0) en er loopt wel stroom (1). Zonder goede afspraak wat we 0 en 1 noemen vergissen we ons voortdurend.

Soms kiest men tijdelijk voor een omgekeerde definitie. Dus een lage spanning heet 1 en een hoge 0. Dit heet negatieve logica. De functie van AND- en OR-poorten keert dan om. Er moet een duidelijke reden zijn voor zo'n verwarrende definitie.

Een ander praktisch probleem is: Waar leg je de scheiding tussen 0 en 1. Digitale elektronica is gewone analoge elektronica. Wanneer ergens in de schakeling een 0 in een 1 verandert doorloopt de spanning, stroom of geleidbaarheid alle waarden tussen laag en hoog. Met andere woorden: wat noemen we laag en wat noemen we hoog en wat doen we met het gebied er tussen in?

Afspraken

In de praktijk bouwt niemand zijn eigen logische bouwstenen meer. Er bestaan families logische bouwstenen en daarvoor zijn de afspraken door de fabrikant vastgelegd. Men kiest meestal voor spanning als indicator van 0 en 1. Dat is gemakkelijk, want de spanning op een aansluitpen kun je meten met een volt-meter of een oscilloscoop zonder iets los te moeten solderen, gewoon door er een meetpen (probe) tegenaan te houden. De andere pool van het meetapparaat ligt aan de min-pool van de voeding van de logische schakeling.

Er zijn in de loop van de tijd twee families logische bouwstenen over gebleven: TTL en C-MOS. De afspraken voor 0 en 1 zijn een beetje verschillend, maar wel zo dat, met enkele voorzorgen, de verschillende families op elkaar kunnen worden aangesloten.

Voor de familie TTL (transistor-transistor logica), werkend op de voor deze familie standaard voedingsspanning van +5 volt, zijn 0 en 1 gedefinieerd als:

0 is een spanning lager dan 0,8 volt
1 is een spanning hoger dan 2,0 volt

Een spanning tussen 0,8 en 2,0 V mag in de stationaire toestand niet voorkomen.

Uitgangen van TTL-circuits zijn voor een 0 altijd lager dan 0,4 volt en voor een 1 hoger dan 2,4 volt. Ingangen vinden in de praktijk een spanning lager dan 1,5 volt een 0 en hoger dan 1,5 volt een 1. Een beslissing wordt er altijd wel genomen. Zo'n weinig zelfbewuste 0 of 1 aan een ingang maakt het logische circuit echter trager dan gespecificeerd.

Voor de logica familie C-MOS, die kan werken op voedingsspanningen tussen 3 en 15 volt, zijn 0 en 1 gedefinieerd als:

0 is lager dan 0,2 maal de voedingsspanning
1 is hoger dan 0,8 maal de voedingsspanning

In de praktijk ligt het omslagpunt tussen 0 en 1 precies op de helft van de voedingsspanning. Uitgangen trekken de spanning in stationaire toestand helemaal tegen de voedingsspanning (1) of "aarde" (0).

Wanneer C-MOS op een voedingsspanning van 5 volt wordt bedreven zijn de uitgangsspanningen laag en hoog genoeg om er één TTL ingang mee aan te sturen. Omgekeerd zijn de uitgangsspanningen van een TTL circuit hoog en laag genoeg om de nullen en enen duidelijk te maken voor een C-MOS ingang van een circuit werkend op 5 volt.

Logische standaardfuncties

In de families zijn standaardfuncties gedefinieerd.

Poorten

AND of en-poort. De uitgang is alleen 1 als alle ingangen 1 zijn.

NAND of niet-en poort. De uitgang is alleen 0 als alle ingangen 1 zijn

OR of of-poort. De uitgang is 1 als één of meer der ingangen 1 is.

NOR of niet-of poort. De uitgang is 0 als één of meer der ingangen 1 is.

XOR (exclusive-or). De uitgang is 1 als een oneven aantal ingangen 1 is.

NOT (invertor). De uitgang is het tegengestelde van de ingang.

Omdat een transistor van nature inverteert is men begonnen met NAND's en NOR's. Een AND was te maken door een invertor of een andere NAND achter een NAND te schakelen. De functies zijn verkrijgbaar met 2, 3, 4 of 8 ingangen. Het standaard huisje voor deze geïntegreerde circuits (IC) is de "dual in line", DIL, een rups vormig huisje met twee rijen pootjes aan weerszijden. In zo'n DIL IC zitten dan zoveel dezelfde functies als het aantal pootjes (14, 16, 20, 24) aankan. Er is altijd één pootje voor 'aarde' (GND) en één voor de voedingsspanning (VCC, VDD) nodig.

Digitale bouwstenen (overzicht)

Poorten

AND		NAND		OR		NOR		XOR		NOT (inverter)	
A	B	Y	Z	A	B	Y	Z	A	B	Y	Z
0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0

Samengestelde poortcircuits

ADDER , FULL ADDER	MULTIPLEXER SELECTOR																						
<p>$\Sigma + C_{out} = A + B + C_{in}$ (C = carry)</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>SEL</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td>A</td></tr> <tr> <td>1</td><td>B</td></tr> </tbody> </table>	SEL	Y	0	A	1	B	<table border="1"> <thead> <tr> <th>S₀</th><th>S₁</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td><td>0</td><td>A</td></tr> <tr> <td>0</td><td>1</td><td>B</td></tr> <tr> <td>1</td><td>0</td><td>C</td></tr> <tr> <td>1</td><td>1</td><td>D</td></tr> </tbody> </table>	S ₀	S ₁	Y	0	0	A	0	1	B	1	0	C	1	1	D
SEL	Y																						
0	A																						
1	B																						
S ₀	S ₁	Y																					
0	0	A																					
0	1	B																					
1	0	C																					
1	1	D																					

DECODER , DEMULTIPLEXER		A	B	C	E	Y ₀	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇
		X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
		1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
		0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
		1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
		0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
		1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
		0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
		1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1

E = Enable

De uitgang neemt direkt de overeenkomstige stand aan als een van de ingangen verandert

Complexere poortcircuits

Toen er meer poorten in één circuit konden, werden er uitgebreidere schakelingen uitgebracht. Dit moesten zodanige schakelingen zijn dat er vele toepassingen voor waren en er dus een grote markt voor was. Het aantal echt verschillende typen is beperkt.

ADDER of opteller. Telt twee binaire getallen van beperkte lengte, meestal 4 bits, bij elkaar op. Het resultaat kan één bit meer zijn. Door dit bit, de **CARRY**, ook uit te voeren en een extra ingang te maken voor een carry, kunnen deze z.g. **FULL ADDERS** geschakeld worden tot optellers van zeer lange getallen.

MUX of **MULTIPLEXER** is een schakeling die een uitgang doorverbindt met één van twee, vier of acht ingangen. Welke ingang dat moet zijn wordt aangegeven door de binaire bit-combinatie op 1, 2 resp. 3 ingangen.

DECODER of **DEMULTIPLEXER** is een schakeling die een binaire bit-combinatie herkent en op de overeenkomstige uitgang een 1 geeft. Meestal zijn er meer uitgangen, waarvan elk een bepaalde bit-combinatie herkent. Eén of meer **ENABLE** ingangen kunnen de herkenning mogelijk maken (1) of blokkeren (0). Door de **ENABLE** ingang als data-ingang te gebruiken kan het circuit deze data doorsturen naar de uitgang die door de binaire bit-combinatie wordt aangegeven. Alle andere uitgangen blijven 0. Dit is precies de omgekeerde werking van de multiplexer. Sommige decoders werken met negatieve logica aan hun uitgang. Alle uitgangen zijn dus 1, behalve één. TTL heeft daar een handje van. Er is dan ook altijd een inverterende **ENABLE** ingang.

ROM of **Read Only Memory** kan ook gezien worden als een complexe poortschakeling. Het is niets meer dan een multiplexer waarvan de ingangen vast zijn aangesloten op een 0 (aarde) of een 1 (+5V). De toegevoerde select-combinatie noemen we dan het "Adres".

Algemeen kenmerk van poortcircuits

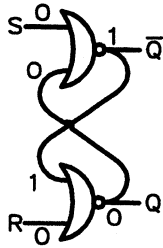
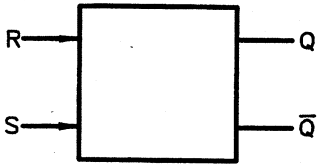
Poortschakelingen kenmerken zich doordat wanneer de ingangen veranderen de uitgangen meteen de overeenkomstige andere waarde aannemen. Dit duurt welliswaar korte tijd (enige nanoseconden), maar het is een autonoom verlopend proces. De vertragingstijd heet *propagation delay*. Poortcircuits kunnen altijd zo getekend worden dat de informatie alleen van links naar rechts loopt.

Flipflops

Flipflops onderscheiden zich van poorten daardat ze zich in twee toestanden kunnen bevinden. Zij zijn opgebouwd uit poorten, waarbij informatie teruggevoerd wordt. Er ontstaat daarbij een soort rondkoppeling. Er zijn meestal twee uitgangen, de Q en de Q-not (soms aangegeven door een streep er boven, daarom ook wel Q-streep genoemd). De uitgangen zijn elkaars tegengestelde.

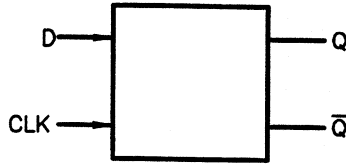
Flip flops

SET-RESET



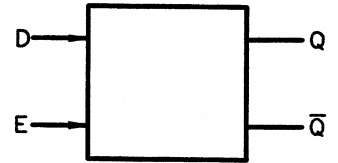
S	R	Q	Q̄
0	0	Q	Q̄
1	0	1	0
0	1	0	1
1	1	.	.

D-TYPE



D	CLX	Q	Q̄
X	0	Q	Q̄
0	1	1	0
0	⌋	0	1
1	⌋	1	0

LATCH

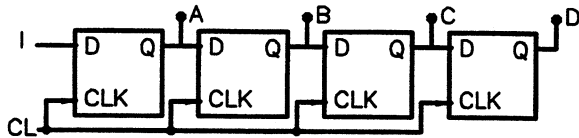


D	E	Q	Q̄
X	0	Q	Q̄
0	1	0	1
1	1	1	0

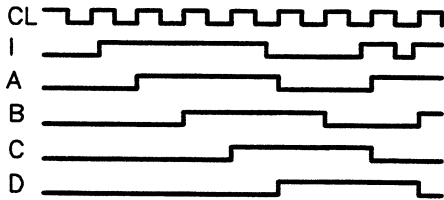
E = Enable

Flip flop samenstellingen

SHIFT REGISTER

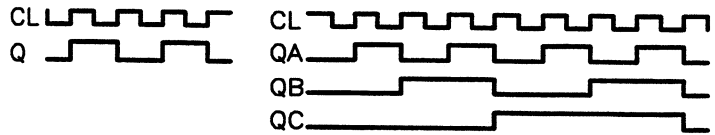
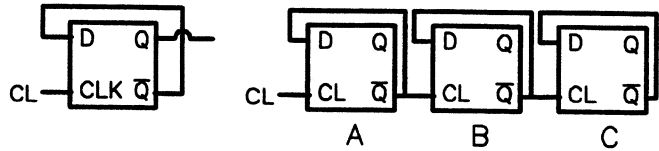


Bij elke klok flank ⌋ schuift de data één plaats op.



COUNTER-DIVIDER

Teller of deler



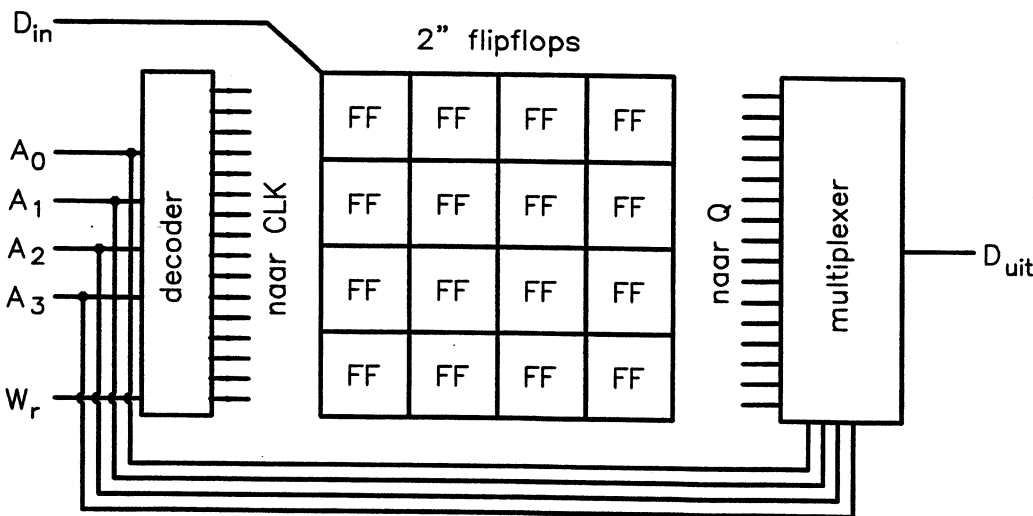
FCL=1
FQ = 0,5

Tweedeler

FCL=1
FQA=0,5
FQB=0,25
FQC=0,125

QC	QB	QA	dec
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	2
0	1	1	3
1	0	0	4
1	0	1	5
1	1	0	6
1	1	1	7
0	0	0	0

RAM



We onderscheiden de volgende typen:

SET-RESET flipflop. Deze wordt op 1 gezet door de SET-ingang even hoog te maken. De Q-uitgang wordt dan 1 en de Q-streep uitgang wordt 0. Stond de flipflop al op 1 dan blijft dat zo. Hij kan op 0 gezet worden door de RESET-ingang even 1 te maken. Wanneer zowel de SET als de RESET 1 zijn is niet zomaar te zeggen wat er gebeurt. Afhankelijk van de interne opbouw kan het zo zijn dat Q en Q-streep niet meer elkaars tegengestelde zijn. Deze situatie moet eigenlijk vermeden worden.

LATCH. Deze heeft een D-ingang en een ENABLE ingang. Zolang de ENABLE 1 is volgt de Q-uitgang de D-ingang. De Q-streep is daaraan inverse. Zodra de ENABLE 0 wordt "bevroest" de uitgang. De stand van de D vlak voor de 1 naar 0 overgang wordt vastgehouden tot de ENABLE weer 1 wordt.

D-type flipflop. Dit type heeft een D ingang en een CLOCK ingang. De Q neemt de waarde van de D over op het moment dat de CLOCK-ingang van 0 naar 1 wisselt. Op andere momenten verandert de uitgang niet. Men kan een D-flipflop maken door twee latches achter elkaar te schakelen, waarbij de eerste latch een negatief werkende ENABLE heeft en de tweede een positief werkende. Er is dan altijd één latch "bevroren". De D-flipflop heeft vaak ook SET en RESET ingangen. Daarmee is hij onafhankelijk van de clock op 0 of op 1 te zetten.

JK-flipflop. Dit is een flipflop met drie ingangen, de J, de K en de CLOCK. Hij werkt bijna net als de D-flipflop, maar er zijn wat extra mogelijkheden met de twee ingangen. Die zijn alleen te gebruiken voor wie precies weet hoe dat zit, daarom wordt hij niet zo vaak meer gebruikt.

Samenstellingen

Was eerst een bouwblokje met twee D-flipflops erin al heel wat, later wist men er veel meer in te proppen. Ook nu werden het functies die vaak voorkomen en daardoor een brede markt hebben.

SHIFT REGISTER of schuifregister. Enige D-flipflops staan voor wat de data betreft in serie en met de klokingangen parallel. De aan de ingang aangeboden 0 of 1 schuift op iedere opgaande klokflank één plaats verder. Wordt gebruikt om een stroom nullen en enen te vertragen. Een andere toepassing is de serie/parallel omzetter. Daarbij komt een stel nullen en enen in de tijd na elkaar over één draad binnen. Het schuifregister maakt op bijvoorbeeld 8 Q-uitgangen een heel byte tegelijkertijd ter beschikking. Ook het omgekeerde kan. Dan worden alle 8 flipflops tegelijk "geladen" (PARALLEL LOAD), waarna de bits achter elkaar het register uit geschoven worden.

COUNTER, teller of frequentiedeler. Een D-flipflop kan als tweedeler geschakeld worden door de D met zijn eigen Q-streep te verbinden. Bij elke opgaande klokflank keert hij dan van stand om. De uitgaande frequentie is precies de helft van die van de klokpuls. Door n tweedelaars in cascade te zetten deelt men de frequentie door 2^n . Door naar de achtereenvolgende stand van de Q's te kijken zien we een oplopende reeks binaire getallen ontstaan. Zo kan dit soort circuits als teller gebruikt worden. Door interne of externe verbindingen kan de teller naar nul terugspringen bij een bepaald getal.

Logic Products

INTRODUCTION

The TTL Logic devices described in this data manual differ widely in function, complexity and performance, but their electrical input and output characteristics are very similar and are defined and tested to guarantee compatibility. The data sheets that make up this book cover four major categories of TTL circuits and a series of TTL compatible interface products.

The oldest TTL product category is the gold-doped double-diffused type which is made up of the 7400 family of devices. This family reflects the same performance ranges and differ only in functions and pin configuration.

The remaining two categories of products are fabricated with a non-saturating Schottky clamped transistor technique. The 74S00 family of TTL products are very high performance, high power devices. The most popular TTL category is the 74LS Low Power Schottky family. These products feature the performance of the 74 family at about 1/4 the power.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

The Absolute Maximum Ratings constitute limiting values above which serviceability of the device may be impaired. Provisions should be made in system design and testing to limit voltages and currents as shown below.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	74	74S	74LS
V _{CC} supply voltage, continuous (Note a)	7.0V	7.0V	7.0V
Input voltage, continuous (Notes a and b)	-0.5V to +5.5V	-0.5V to +5.5V	-0.5V to +7.0V ^(b)
Input current, continuous	-30mA to +5mA	-30mA to +5mA	-30mA to +1mA
Voltage applied to HIGH outputs (Note a)	-0.5V to V _{CC}	-0.5V to 7.0V	-0.5V to V _{CC}
Voltage applied to "off" Open Collector outputs (Notes a and c)	-0.5V to 7.0V	-0.5V to 7.0V	-0.5V to 7.0V
Current into LOW standard output, continuous	30mA	40mA	15mA
Current into LOW buffer output, continuous	80mA	100mA	50mA
Operating free air temperature range (Com'l)	0°C to +70°C		
Storage temperature range	-65°C to +150°C		

NOTES:

a. Voltages are referenced to device ground terminal.

b. LS devices are generally limited to 7.0V maximum input voltage. Exceptions are called out on individual product data sheets.

c. Some open collector devices are specially processed to handle higher output voltages of from 15V to 30V. The Absolute Maximum voltage for these devices is 10% over the specified V_{OUT} test condition.

January 1986

OPERATING TEMPERATURE AND VOLTAGE RANGES

The nominal supply voltage (V_{CC}) for all TTL circuits is +5.0 volts. Commercial grade parts are guaranteed to perform with a ±5% supply tolerance (±250mV) over an ambient temperature range of 0°C to 70°C.

The actual junction temperature can be calculated by multiplying the power dissipation of the device with the thermal resistance of the package and adding it to the measured ambient temperature T_A or package (case) temperature T_C. The thermal resistance for the various packages in which the TTL products are offered is specified with the Package Information in Section 9 of this manual.

GENERAL TTL CIRCUIT CHARACTERISTICS

All TTL products are derived from a common NAND logic structure. The NAND circuit is actually five subcircuits as shown in Figure 1 and each performs a separate function. The input circuit (1) is an AND gate usually fabricated with a multi-emitter transistor which characterizes TTL technology. Many Schottky processed circuits have been designed with PNP or diode inputs in order to optimize the speed/power performance of the circuits.

The phase splitter (2) provides the inversion and amplification in the circuit. It determines whether the outputs are active level HIGH or active level LOW. The level shifter (3) pro-

NAND Gate Example

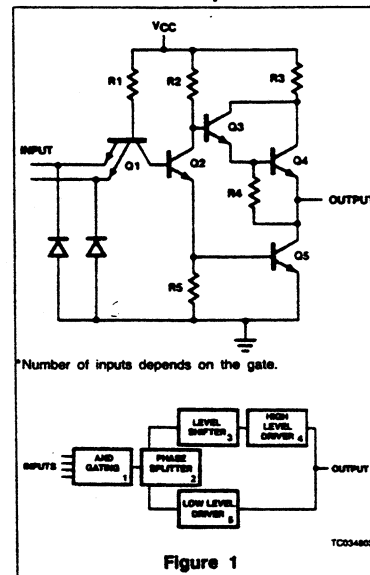


Figure 1

vides noise immunity between the HIGH and LOW output levels, and minimizes the possibility of having both HIGH level driver (4) and LOW level driver (5) on simultaneously.

The level shifter (3) and HIGH level driver (4) combine to form an emitter follower circuit that tracks the voltage at the collector of the

Zo maakt men tellers die tot 9 tellen (1001) en op de volgende klokpuls terug springen naar 0 (0000) of delers die de aangeboden frequentie delen door elk willekeurig instelbaar geheel getal.

RAM of Random Acces Memory. Deze belangrijke bouwsteen uit de computertechniek is niets anders dan een veld flipflops. Meestal kan er maar één flipflop tegelijk gelezen worden (READ) of in een andere stand gezet worden (WRITE). Soms kan het ook met 4 of 8 flipflops tegelijk, zodat een half of een heel byte ineens gelezen of geschreven kan worden. Multiplexers en demultiplexers krijgen een binaire code (ADRES) aangeboden en selecteren dan de overeenkomstige flipflop voor READ en als dat nodig is voor WRITE.

Algemeen kenmerk flipflop circuits

Flipflops onderscheiden zich van poortschakelingen doordat de uitgangstoestand niet altijd verandert wanneer één van de ingangen verandert. Meestal gebeurt dat alleen wanneer er "een klokpuls" komt. Men noemt dit geheugenwerking. De SET-RESET flipflop herinnert zich of hij het laatst een SET- of een RESET-puls heeft gehad. De D-flipflop herinnert zich wat de D was toen voor het laatst de CLOCK van 0 in 1 veranderde. De geheugenwerking houdt op als de voedingsspanning wordt weggenomen. Bij het opnieuw aansluiten van deze spanning valt de flipflop op 1 of op 0, maar je weet niet wat. Een RAM bevat na inschakelen een willekeurig patroon van nullen en enen.

Standaard reeksen

Logische functies kan men kopen in standaard IC's. Uit een reeks van verschillende families zijn in de loop der jaren over gebleven TTL en C-MOS. Beide families worden door diverse fabrikanten aangeboden en hun typenummers zijn sterk gestandaardiseerd.

7400 serie

Van huis uit de TTL serie. TTL staat voor Transistor-Transistor Logica, hetgeen slaat op het feit dat de ingang en uitgang direct met een bipolaire transistor verbonden zijn. Er bestaan eenvoudige poorten en flipflops, maar ook adders, counters, schuifregisters enz. Alle IC's worden aangeduid met een nummer dat begint met 74.

Voorbeelden:

7400	vier NAND's met elk 2 ingangen
7402	vier NOR's met elk 2 ingangen
7404	zes NOT's oftewel "inverters"
7410	drie NAND's met elk 3 ingangen
7420	twee NAND's met elk 4 ingangen
7430	één NAND met 8 ingangen
7474	twee D-flipflops met set- en reset-ingangen
7483	een vierbits full adder
7490	tienteller of tiendeler,
7493	zestienteller of zestiendeler
7491	achtbit schuifregister
74138	1 uit 8 decoder / demultiplexer
74164	achtbit schuifregister met uitgangen, serie-parallel omzetter
74165	achtbit schuifregister met parallel load, parallel-serie omzetter
74373	achtvoudige latch

74374 achtevoudige D-flipflop

De nummering is vrij willekeurig, alhoewel er in het begin een poging gedaan is enige ordening aan te brengen. Elke fabrikant voegt zijn eigen letters voor dit nummer, waardoor het ondoorzichtig lijkt. Wie hier regelmatig mee werkt leert vanzelf een hele lijst van deze nummers uit zijn hoofd. Voor wie dat niet doet is het zinloos dat ook te willen.

Er zijn verschillende technologieën die min of meer door elkaar heen gebruikt kunnen worden:

- STANDARD:** wijst op een bepaald stroomverbruik. TTL gebruikt voedingsstroom. Als er niets gebeurt is dat een bepaald vermogen, als er veel gebeurt neemt dat iets toe. De IC's worden daardoor warm. IC's met veel poorten en flipflops worden extra warm. Standaard TTL heeft typenummers 7400, 7401, 7402 enz. Vrijwel alle typen waren in standaard te krijgen.
- HIGH SPEED:** Door bij het ontwerp van het IC een grotere stroom te laten lopen worden de poorten sneller. In de typenummers komt dan een H: de 7400 wordt 74H00. Sommige typen waarvoor snelheid belangrijk is waren in high speed te krijgen.
- LOW POWER:** Door de opgenomen stroom in het ontwerp te verlagen worden poorten trager. 7400 wordt 74L00. Ook hier waren bepaalde typen naast standaard ook in low power leverbaar.
- SCHOTTKY:** Deze speciale transistor technologie maakte het mogelijk TTL-IC's te maken met de snelheid van high speed en het stroomverbruik van standaard. In de typenummers vindt men dit terug als 74S00. Dit type heeft het H-type geheel verdrongen.
- LOW POWER SCHOTTKY:** Deze IC's in Schottky technologie werken met de snelheid van standaard TTL en het stroomverbruik van low power. IC's van dit type heten 74LS00. Hierdoor is standaard en lowpower TTL verdrongen.
- HCT:** Door verbetering in de C-MOS technologie kon men IC's maken die het zeer lage energieverbruik van C-MOS paren met de snelheid van LS-TTL. De codering hiervoor is HCT, van High speed - C-MOS - TTL, bijv. 74HCT00.
- HC:** Een variant van HCT (of is het andersom?). HCT heeft net als TTL het omslagpunt tussen de logische 0 en 1 op 1,5 volt. HC heeft dit op de halve voedingsspanning en is daarmee 100% compatible met gewone C-MOS die op 5 volt loopt. De codering is wel in de 7400 reeks, bijv. 74HC00. De uitgang van HC en van HCT is identiek. Men kan daarmee probleemloos HC en HCT door elkaar gebruiken, gecombineerd met TTL en gewone C-MOS.

De 7400 serie heeft een voedingsspanning nodig van +5 volt. De maximale spanning die erop gezet mag worden is 7 volt, maar dan werkt het niet meer volgens spec. Daarvoor moet de spanning liggen tussen 4,75 en 5,25 volt. Voor elektronische begrippen een strenge eis.

Let op! HCT en HC circuits moeten ook een voedingsspanning van 5 volt hebben. Zij kunnen niet net als gewone C-MOS op een spanning van 3 tot 15 volt werken.

4000 serie

De C-MOS familie. MOS staat voor Metal-Oxide-Semiconductor, de volgorde van materialen in de veldeffect transistoren (FET) waaruit deze circuits intern zijn opgebouwd. De voedingsspanning mag liggen tussen 3 volt en 15 volt. C-MOS heeft dus geen gestabiliseerde voeding nodig. Hoe hoger de spanning, des te groter de snelheid waarmee de uitgang de ingang volgt. Als C-MOS op 5 volt gezet wordt is de snelheid een factor 5 lager dan die van TTL.

Het stroomverbruik van C-MOS varieert heel sterk. Wanneer de ingangen van een circuit niet veranderen loopt er vrijwel geen voedingsstroom. Alleen wanneer uitgangen van 0 naar 1 of terug omklappen loopt er even een stroom om de interne capaciteiten en die van de verbindingsdraden op te laden of ontladen. Wanneer een schakeling twee keer zo snel moet werken, bijvoorbeeld om dat de klokfrequentie twee maal zo hoog wordt gekozen, loopt er een vrijwel twee keer zo hoge gemiddelde stroom. Samen met de grote tolerantie voor voedingsspannings variaties maakt dit C-MOS ideaal voor batterij gevoede niet zo snel werkende digitale functies.

Veel functies die in TTL bestaan vindt men ook in C-MOS. De nummering, weer aangevuld met fabrikant specifieke letters ervoor en erachter ligt in de 4000 reeks. De aansluitingen zijn vrijwel altijd anders gerangschikt dan bij 7400-IC's met dezelfde functionaliteit. Ook de nummering is compleet anders. Voorbeelden:

- 4001 vier NOR's met elk 2 ingangen
- 4011 vier NAND's met elk 2 ingangen
- 4049 zes NOT's oftewel "inverters"
- 4013 twee D-flipflops met set- en reset-ingangen
- 4008 een vierbits full adder
- 4028 1 uit 10 decoder
- 4029 op/neer 10- of 16-teller
- 4040 twaalf tweedelers in cascade met alle Q's uitgevoerd (voor orgels!)
- 4060 Oscillator met 14 tweedelers in cascade, niet alle Q's uitgevoerd

Behalve de standaard functies zijn er ook wat specifiekere circuits in de 4000 reeks, die in de TTL-reeks niet bestaan:

- 4051, 4052, 4053 multiplexer / demultiplexer voor analoge signalen
- 4046 Phase locked loop
- 4059 programmeerbare N-deler

Men is begonnen TTL-circuits te brengen in de C-MOS technologie. Deze C-MOS circuits hebben dezelfde aansluitingen als de overeenkomstige 7400 IC's. Dit heet: "pincompatible". Voorbeelden:

- 40138 1 uit 8 decoder
- 40373 achtvoudige latch
- 40374 achtvoudige D-flipflop

Er zijn ook speciale C-MOS IC's met een nummering die begint met 4500 en met 4700. Deze circuits zijn van minder verschillende fabrikanten te betrekken. Verder zijn ze te gebruiken gemengd met 4000-IC's.

De komst van HCT heeft de verdere ontwikkelingen van C-MOS als losse circuits wat tegengehouden. HCT is sneller, maar werkt alleen op een voedingsspanning van rond de 5 volt.

7400, LS00, S00 Gates

Quad Two-Input NAND Gate
Product Specification

Logic Products

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7400	9ns	8mA
74LS00	9.5ns	1.6mA
74S00	3ns	15mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7400N, N74LS00N, N74S00N
Plastic SO	N74LS00D, N74S00D

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

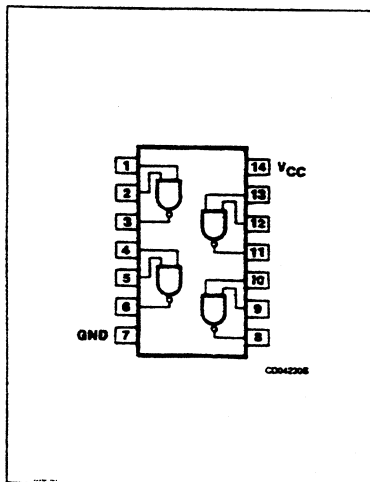
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A, B	Inputs	1ul	1Sul	1LSul
Y	Output	10ul	10Sul	10LSul

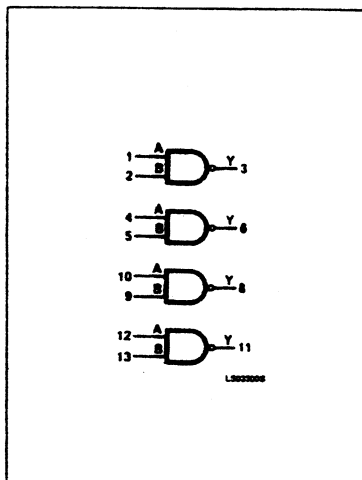
NOTE:

Where a 74 unit load (ul) is understood to be $40\mu A I_{IH}$ and $-1.6mA I_{IL}$, a 74S unit load (Sul) is $50\mu A I_{IH}$ and $-2.0mA I_{IL}$, and 74LS unit load (LSul) is $20\mu A I_{IH}$ and $-0.4mA I_{IL}$.

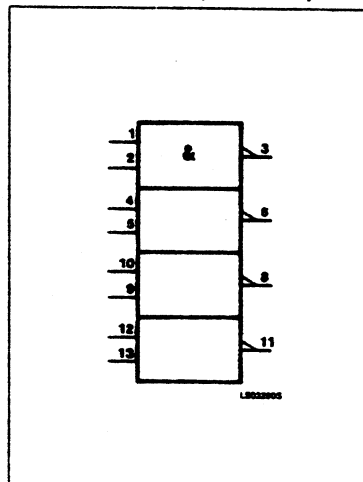
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



7402, LS02, S02 Gates

Quad Two-Input NOR Gate Product Specification

Logic Products

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7402	10ns	11mA
74LS02	10ns	2.2mA
74S02	3.5ns	22mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7402N, N74LS02N, N74S02N
Plastic SO	N74LS02D, N74S02D

FUNCTION TABLE

INPUTS		OUTPUT
A	B	Y
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

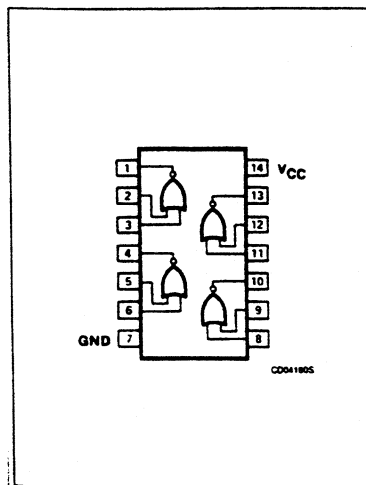
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A, B	Inputs	1uI	1Sul	1LSul
Y	Output	10uI	10Sul	10LSul

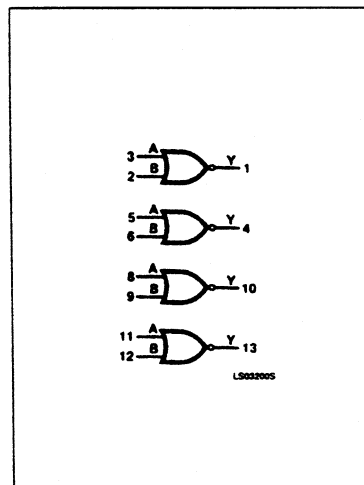
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be $40\mu A I_{IH}$ and $-1.6mA I_{IL}$, a 74S unit load (Sul) is $50\mu A I_{IH}$ and $-2.0mA I_{IL}$, and 74LS unit load (LSul) is $20\mu A I_{IH}$ and $-0.4mA I_{IL}$.

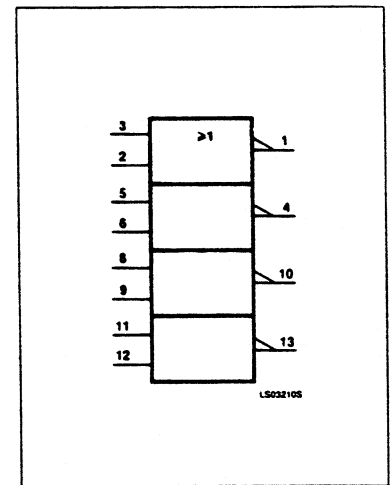
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



December 4, 1985

853-0502 81501

7404, LS04, S04 Inverters

Hex Inverter
Product Specification

Logic Products

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7404	10ns	12mA
74LS04	9.5ns	2.4mA
74S04	3ns	22mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7404N, N74LS04N, N74S04N
Plastic SO	N74LS04D, N74S04D

FUNCTION TABLE

INPUT	OUTPUT
A	Y
L	H
H	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

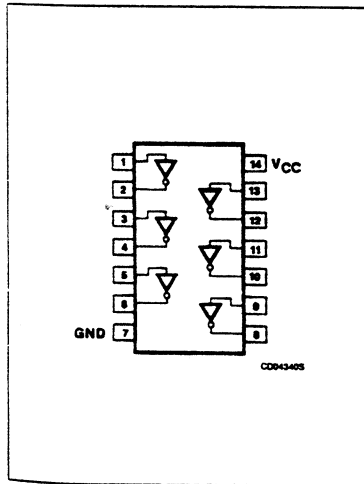
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A	Input	1uI	1SuI	1LSuI
Y	Output	10uI	10SuI	10LSuI

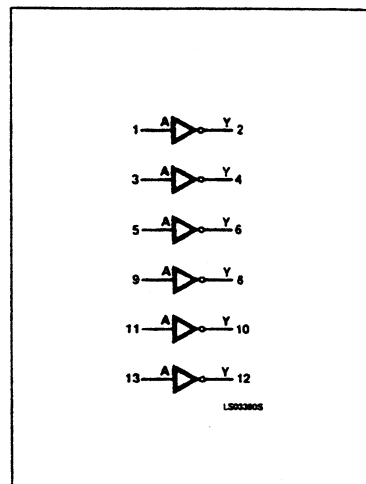
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be $40\mu A I_{IH}$ and $-1.6mA I_{IL}$, a 74S unit load (SuI) is $50\mu A I_{IH}$ and $-2.0mA I_{IL}$, and 74LS unit load (LSuI) is $20\mu A I_{IH}$ and $-0.4mA I_{IL}$.

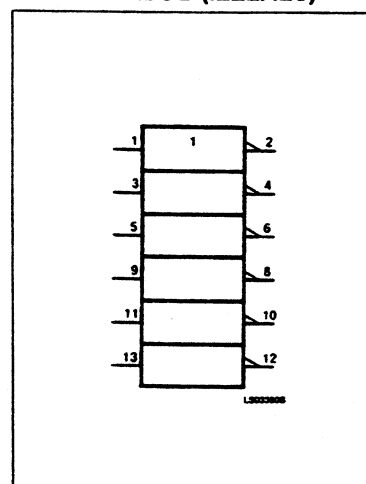
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



7410, 7411, LS10, LS11, S10, S11 Gates

Triple Three-Input NAND ('10), AND ('11) Gates
Product Specification

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7410	9ns	6mA
74LS10	10ns	1.2mA
74S10	3ns	12mA
7411	10ns	11mA
74LS11	9ns	2.6mA
74S11	5ns	19mA

FUNCTION TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
A	B	C	Y('10)	Y('11)
L	L	L	H	L
L	L	H	H	L
L	H	L	H	L
L	H	H	H	L
H	L	L	H	L
H	L	H	H	L
H	H	L	H	L
H	H	H	L	H

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP '10	N7410N, N74LS10N, N74S10N
'11	N7411N, N74LS11N, N74S11N
Plastic SO '10	N74LS10D, N74S10D
Plastic SO '11	N74LS11D, N74S11D

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

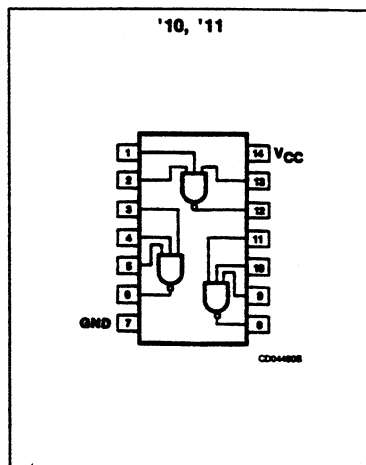
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A-C	Inputs	1uI	1Sul	1LSul
Y	Output	10uI	10Sul	10LSul

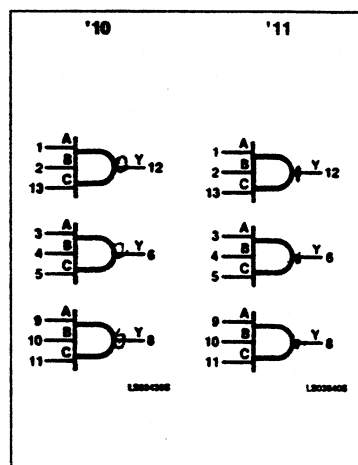
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be $40\mu A I_{IH}$ and $-1.6mA I_{IL}$, a 74S unit load (Sul) is $50\mu A I_{IH}$ and $-2.0mA I_{IL}$, and 74LS unit load (LSul) is $20\mu A I_{IH}$ and $-0.4mA I_{IL}$.

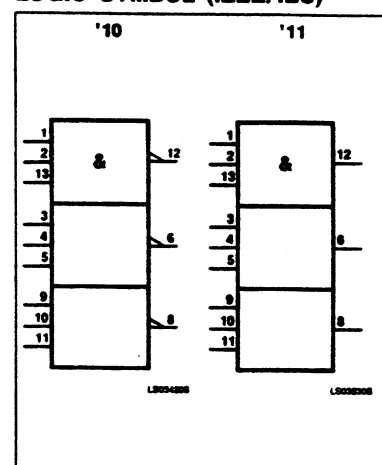
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



7420, 7421, LS20, LS21, S20 Gates

Dual Four-Input NAND ('20) AND ('21) Gate
Product Specification

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7420	10ns	8mA
74LS20	10ns	0.8mA
74S20	3ns	8mA
7421	12ns	8mA
74LS21	9ns	1.7mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP '20	N7420N, N74LS20N, N74S20N
'21	N7421N, N74LS21N
Plastic SO	N74LS20D, N74S20D, N74LS21D

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

FUNCTION TABLE

INPUTS				OUTPUTS	
A	B	C	D	Y('20)	Y('21)
L	X	X	X	H	L
X	L	X	X	H	L
X	X	L	X	H	L
X	X	X	L	H	L
H	H	H	H	L	H

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care

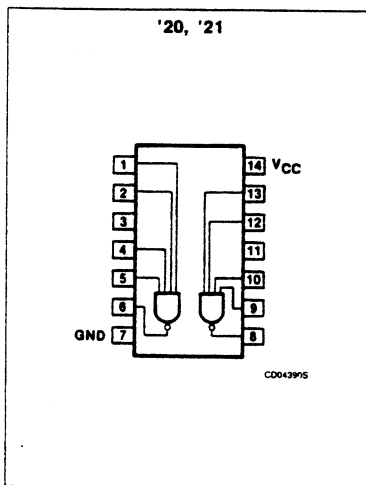
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
A - D	Inputs	1ul	1Sul	1LSul
Y	Output	10ul	10Sul	10LSul

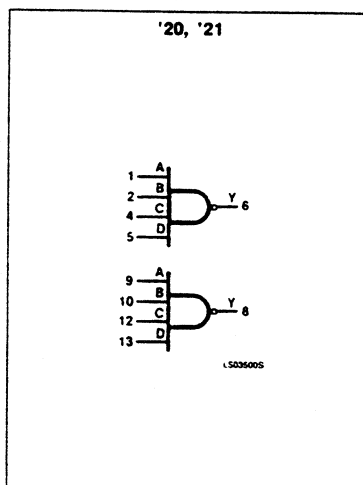
NOTE:

Where a 74 unit load (ul) is understood to be $40\mu A$ I_{IH} and $-1.6mA$ I_{IL} , a 74S unit load (Sul) is $50\mu A$ I_{IH} and $-2.0mA$ I_{IL} , and 74LS unit load (LSul) is $20\mu A$ I_{IH} and $-0.4mA$ I_{IL} .

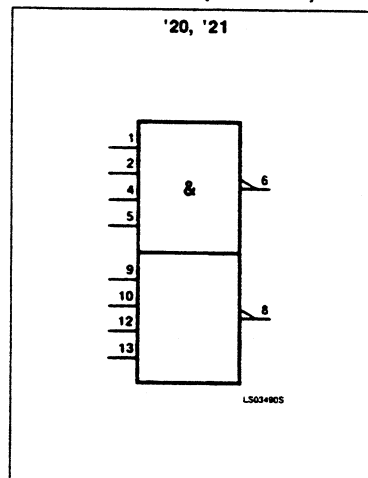
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



7430, LS30 Gates

Eight-Input NAND Gate Product Specification

Logic Products

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7430	11ns	2mA
74LS30	11ns	0.5mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7430N, N74LS30N
Plastic SO	N74LS30D

FUNCTION TABLE

INPUTS								OUTPUT
A	B	C	D	E	F	G	H	Y
L	X	X	X	X	X	X	X	H
X	L	X	X	X	X	X	X	H
X	X	L	X	X	X	X	X	H
X	X	X	L	X	X	X	X	H
X	X	X	X	L	X	X	X	H
X	X	X	X	X	L	X	X	H
X	X	X	X	X	X	L	X	H
X	X	X	X	X	X	X	L	H
X	X	X	X	X	X	X	X	L

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

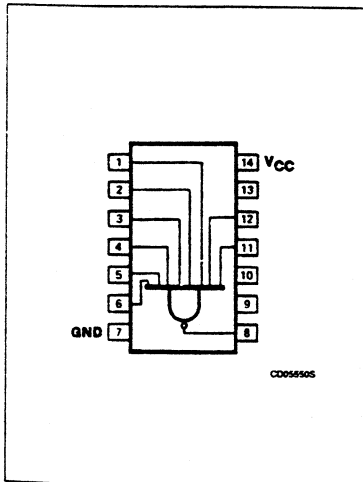
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74LS
A - H	Inputs	1uI	1LSuI
Y	Output	10uI	10LSuI

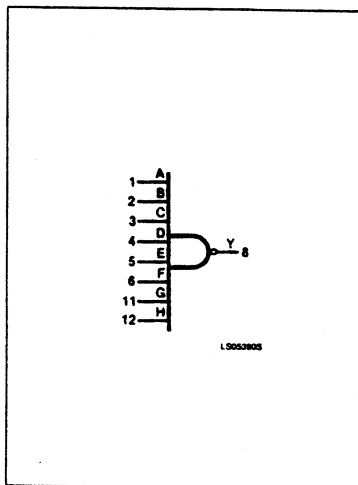
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be $40\mu A$ I_{IH} and $-1.6mA$ I_{IL} , and a 74LS unit load (LSuI) is $20\mu A$ I_{IH} and $-0.4mA$ I_{IL} .

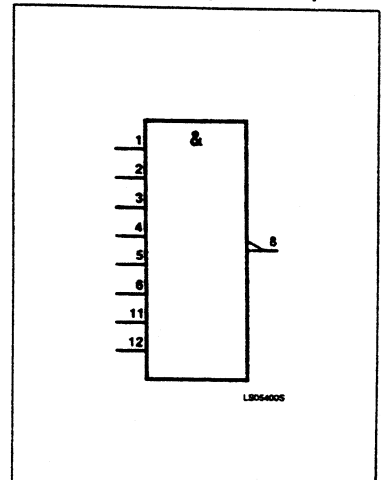
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



7474, LS74A, S74 Flip-Flops

Dual D-Type Flip-Flop Product Specification

Logic Products

DESCRIPTION

The '74 is a dual positive edge-triggered D-type flip-flop featuring individual Data, Clock, Set and Reset inputs; also complementary Q and \bar{Q} outputs.

Set (\bar{S}_D) and Reset (\bar{R}_D) are asynchronous active-LOW inputs and operate independently of the Clock input. Information on the Data (D) input is transferred to the Q output on the LOW-to-HIGH transition of the clock pulse. The D inputs must be stable one set-up time prior to the LOW-to-HIGH clock transition for predictable operation. Although the Clock input is level-sensitive, the positive transition of the clock pulse between the 0.8V and 2.0V levels should be equal to or less than the clock-to-output delay time for reliable operation.

TYPE	TYPICAL f_{MAX}	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7474	25MHz	17mA
74LS74A	33MHz	4mA
74S74	100MHz	30mA

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7474N, N74LS74AN, N74S74N
Plastic SO	N741S74A, N74S74D

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

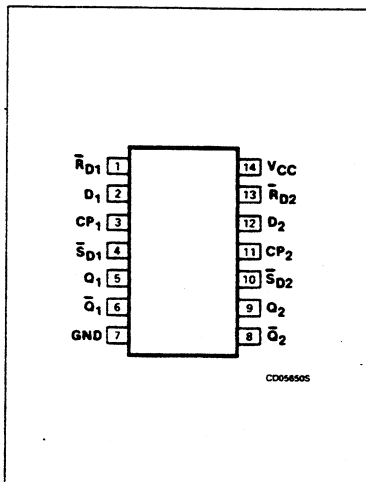
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74S	74LS
D	Input	1uI	1Sul	1LSul
\bar{R}_D	Input	2uI	3Sul	2LSul
\bar{S}_D	Input	1uI	2Sul	2LSul
CP	Input	2uI	2Sul	1LSul
Q, \bar{Q}	Outputs	10uI	10Sul	10LSul

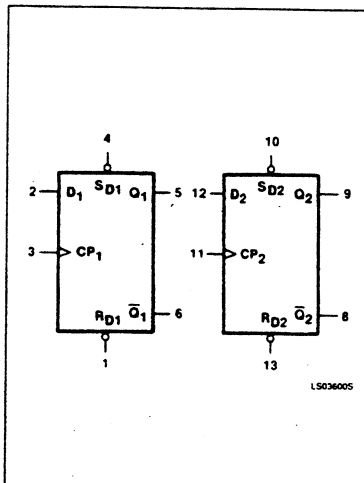
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be $40\mu A$ I_{IH} and $-1.6mA$ I_{IL} , a 74S unit load (Sul) is $50\mu A$ I_{IH} and $-2.0mA$ I_{IL} , and 74LS unit load (LSul) is $20\mu A$ I_{IH} and $-0.4mA$ I_{IL} .

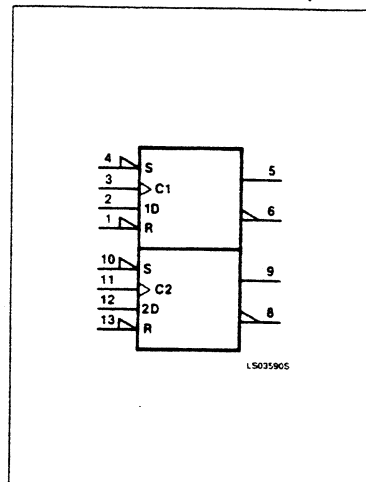
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



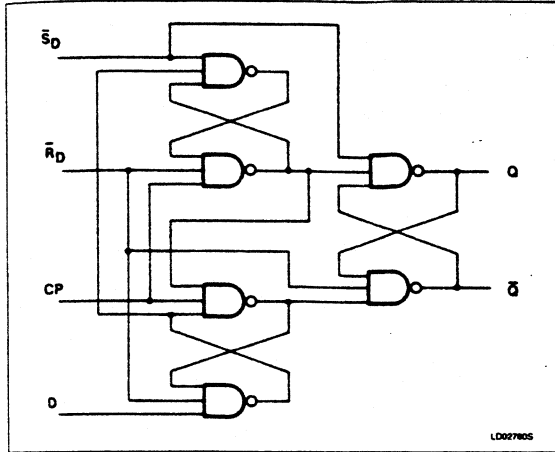
LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



Flip-Flops

7474, LS74A, S74

LOGIC DIAGRAM



MODE SELECT — FUNCTION TABLE

OPERATING MODE	INPUTS				OUTPUTS	
	\bar{S}_D	\bar{R}_D	CP	D	Q	\bar{Q}
Asynchronous Set	L	H	X	X	H	L
Asynchronous Reset (Clear)	H	L	X	X	L	H
Undetermined ⁽¹⁾	L	L	X	X	H	H
Load "1" (Set)	H	H	↑	h	H	L
Load "0" (Reset)	H	H	↑	l	L	H

H = HIGH voltage level steady state.
 h = HIGH voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH clock transition.
 L = LOW voltage level steady state.
 l = LOW voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH clock transition.
 X = Don't care.
 ↑ = LOW-to-HIGH clock transition.

NOTE:
 (1) Both outputs will be HIGH while both \bar{S}_D and \bar{R}_D are LOW, but the output states are unpredictable if \bar{S}_D and \bar{R}_D go HIGH simultaneously.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Over operating free-air temperature range unless otherwise noted.)

PARAMETER	74	74LS	74S	UNIT
V_{CC} Supply voltage	7.0	7.0	7.0	V
V_{IN} Input voltage	-0.5 to +5.5	-0.5 to +7.0	-0.5 to +5.5	V
I_{IN} Input current	-30 to +5	-30 to +1	-30 to +5	mA
V_{OUT} Voltage applied to output in HIGH output state	-0.5 to + V_{CC}	-0.5 to + V_{CC}	-0.5 to + V_{CC}	V
T_A Operating free-air temperature range	0 to 70			°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	74			74LS			74S			UNIT
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V_{CC} Supply voltage	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25	V
V_{IH} HIGH-level input voltage	2.0			2.0			2.0			V
V_{IL} LOW-level input voltage			+0.8			+0.8			+0.8	V
I_{IK} Input clamp current			-12			-18			-18	mA
I_{OH} HIGH-level output current			-400			-400			-1000	μA
I_{OL} LOW-level output current			16			8			20	mA
T_A Operating free-air temperature	0		70	0		70	0		70	°C

7483, LS83A Adders

4-Bit Full Adder Product Specification

Logic Products

FEATURES

- High speed 4-bit binary addition
- Cascadeable in 4-bit increments
- LS83A has fast internal carry lookahead
- See '283 for corner power pin version

DESCRIPTION

The '83 adds two 4-bit binary words (A_n plus B_n) plus the incoming carry. The binary sum appears on the Sum outputs ($\Sigma_1 - \Sigma_4$) and the outgoing carry (C_{OUT}) according to the equation:

$$C_{IN} + (A_1 + B_1) + 2(A_2 + B_2) + 4(A_3 + B_3) + 8(A_4 + B_4) = \Sigma_1 + 2\Sigma_2 + 4\Sigma_3 + 8\Sigma_4 + 16C_{OUT}$$

Where (+) = plus.

Due to the symmetry of the binary add function, the '83 can be used with either all active-HIGH operands (positive logic) or with all active-LOW operands (negative logic). See Function Table. With active-HIGH inputs, C_{IN} cannot be left open; it must be held LOW when no "carry in" is intended. Interchanging inputs of equal weight does not affect the operation, thus C_{IN} , A_1 , B_1 , can arbitrarily be assigned to pins 10, 11, 13, etc.

TYPE	TYPICAL ADD TIMES (TWO 8-BIT WORDS)	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
7483	23ns	66mA
74LS83A	25ns	19mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7483N, N74LS83AN
Plastic SO	N74LS83AD

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

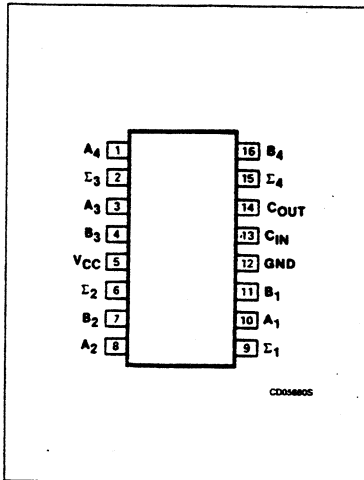
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74LS
$A_1, B_1, A_3, B_3, C_{IN}$	Inputs	2ul	
A_2, B_2, A_4, B_4	Inputs	1ul	
A, B	Inputs		2LSul
C_{IN}	Input		1LSul
Sum	Outputs	10ul	10LSul
Carry	Output	5ul	10LSul

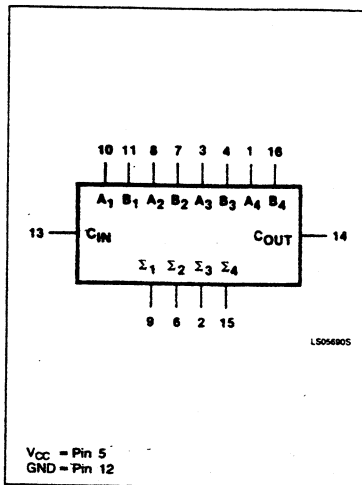
NOTE:

Where a 74 unit load (ul) is understood to be $40\mu A I_{IH}$ and $-1.6mA I_{IL}$, and a 74LS unit load (LSul) is $20\mu A I_{IH}$ and $-0.4mA I_{IL}$.

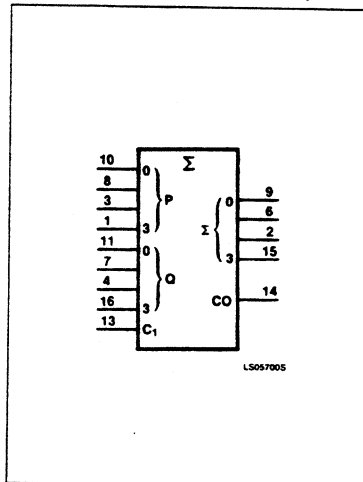
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



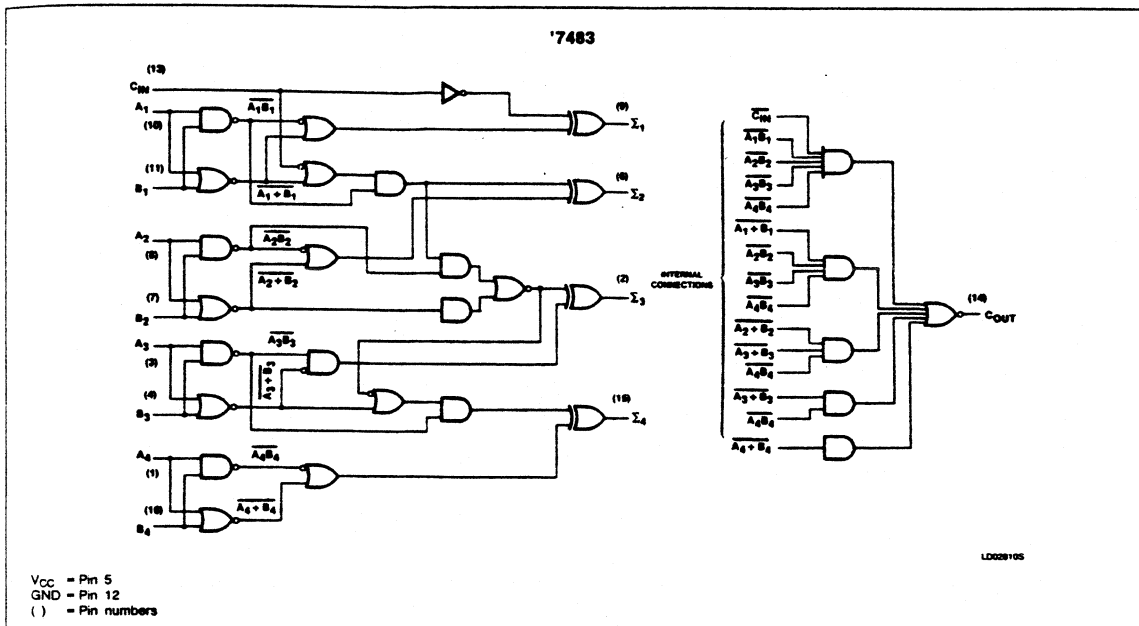
LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



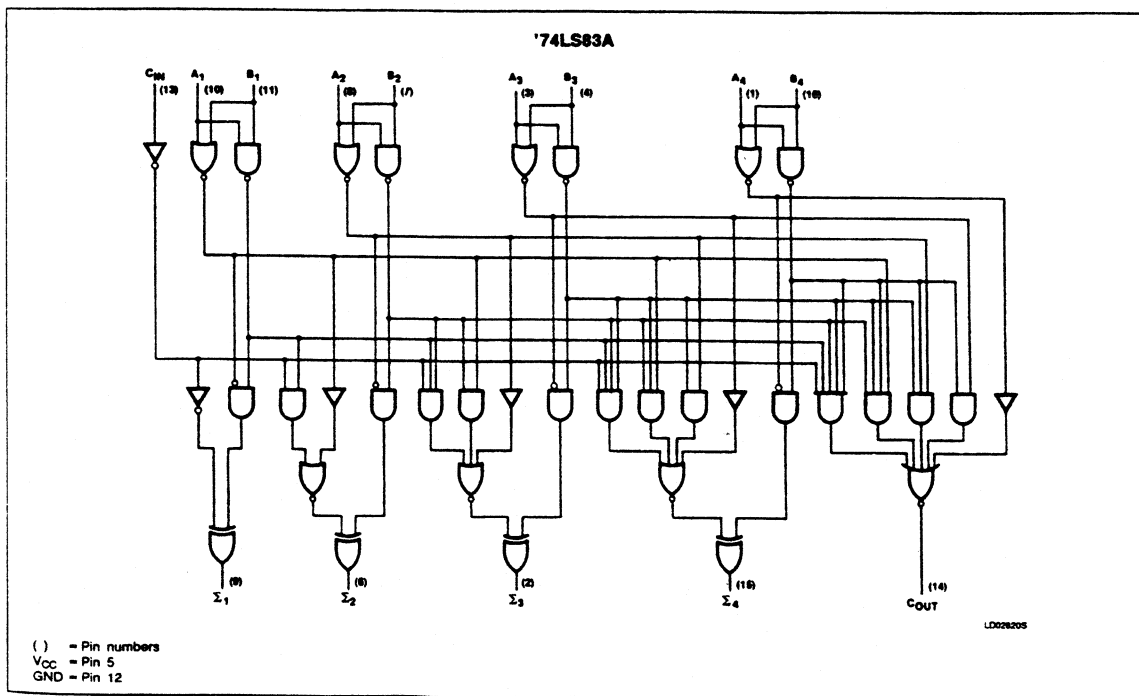
Adders

7483, LS83A

LOGIC DIAGRAM



LOGIC DIAGRAM



7490, LS90 Counters

Decade Counter Product Specification

Logic Products

DESCRIPTION

The '90 is a 4-bit, ripple-type Decade Counter. The device consists of four master-slave flip-flops internally connected to provide a divide-by-two section and a divide-by-five section. Each section has a separate Clock input to initiate state changes of the counter on the HIGH-to-LOW clock transition. State changes of the Q outputs do not occur simultaneously because of internal ripple delays. Therefore, decoded output signals are subject to decoding spikes and should not be used for clocks or strobes.

A gated AND asynchronous Master Reset (MR_1, MR_2) is provided which overrides both clocks and resets (clears) all the flip-flops. Also provided is a gated AND asynchronous Master Set (MS_1, MS_2) which overrides the clocks and the MR inputs, setting the outputs to nine (HLLH).

Since the output from the divide-by-two section is not internally connected to the succeeding stages, the device may be operated in various counting modes. In a BCD (8421) counter the \overline{CP}_1 input must be externally connected to the Q_0 output. The \overline{CP}_0 input receives the incoming count producing a BCD count sequence. In a symmetrical Bi-quinary divide-by-ten

TYPE	TYPICAL f_{MAX}	TYPICAL SUPPLY CURRENT
7490	30MHz	30mA
74LS90	42MHz	9mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N7490N, N74LS90N

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74LS
\overline{CP}_0	Input	2uI	6LSuI
\overline{CP}_1	Input	4uI	8LSuI
MR, MS	Inputs		1uI
$Q_0 - Q_3$	Outputs	10uI	10LSuI

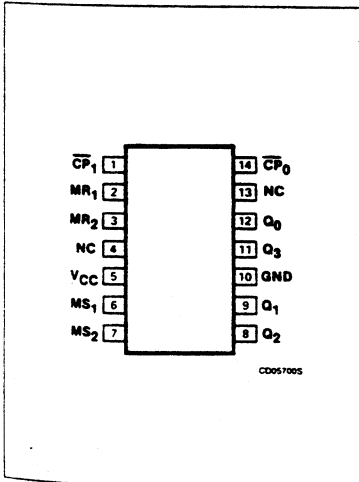
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be $40\mu A I_{IH}$ and $-1.6mA I_{IL}$, and a 74LS unit load (LSuI) is $20\mu A I_{IH}$ and $-0.4mA I_{IL}$.

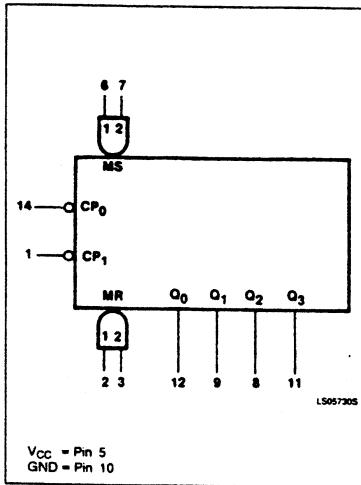
counter the Q_3 output must be connected externally to the \overline{CP}_0 input. The input count is then applied to the CP_1 input and a divide-by-ten square wave is obtained at output Q_0 . To operate as a divide-by-two and a divide-by-five count-

er no external interconnections are required. The first flip-flop is used as a binary element for the divide-by-two function (\overline{CP}_0 as the input and Q_0 as the output). The \overline{CP}_1 input is used to obtain a divide-by-five operation at the Q_3 output.

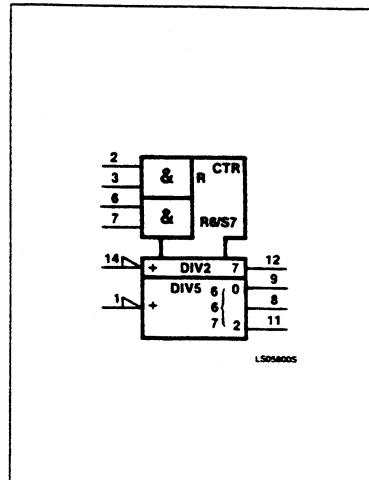
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



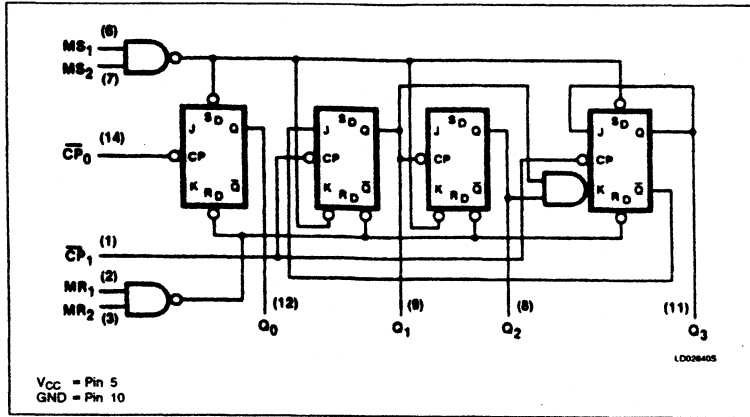
LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



Counters

7490, LS90

LOGIC DIAGRAM



V_{CC} = Pin 5
GND = Pin 10

MODE SELECTION —
FUNCTION TABLE

RESET/SET INPUTS				OUTPUTS			
MR ₁	MR ₂	MS ₁	MS ₂	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃
H	H	L	X	L	L	L	L
H	H	X	L	L	L	L	L
X	X	H	H	H	L	L	H
L	X	L	X	Count			
X	L	X	L	Count			
L	X	X	L	Count			
H	L	L	X	Count			

H = HIGH voltage level
L = LOW voltage level
X = Don't care

BCD COUNT SEQUENCE —
FUNCTION TABLE

COUNT	OUTPUTS			
	Q ₀	Q ₁	Q ₂	Q ₃
0	L	L	L	L
1	H	L	L	L
2	L	H	L	L
3	H	H	L	L
4	L	L	H	L
5	H	L	H	L
6	L	H	H	L
7	H	H	H	L
8	L	L	L	H
9	H	L	L	H

NOTE:
Output Q₀ connected to input CP₁.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Over operating free-air temperature range unless otherwise noted.)

PARAMETER	74	74LS	UNIT
V _{CC} Supply voltage	-7.0	7.0	V
V _{IN} Input voltage	-0.5 to +5.5	-0.5 to +7.0	V
I _{IN} Input current	-30 to +5	-30 to +1	mA
V _{OUT} Voltage applied to output in HIGH output state	-0.5 to +V _{CC}	-0.5 to +V _{CC}	V
T _A Operating free-air temperature range	0 to 70		°C

NOTE:
V_{IN} is limited to +5.5V on CP₀ and CP₁ inputs on the 74LS90 only

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	74			74LS			UNIT
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
V _{CC} Supply voltage	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25	V
V _{IH} HIGH-level input voltage	2.0			2.0			V
V _{IL} LOW-level input voltage			+0.8			+0.8	V
I _{IK} Input clamp current			-12			-18	mA
I _{OH} HIGH-level output current			-800			-400	μA
I _{OL} LOW-level output current			16			8	mA
T _A Operating free-air temperature	0		70	0		70	°C

74164, LS164 Shift Registers

8-Bit Serial-In Parallel-Out Shift Register
Product Specification

Logic Products

FEATURES

- Gated serial Data inputs
- Typical shift frequency of 36MHz
- Asynchronous Master Reset
- Fully buffered Clock and Data inputs

DESCRIPTION

The '164 is an 8-bit edge-triggered shift register with serial data entry and an output from each of the eight stages. Data is entered serially through one of two inputs (D_{sa} or D_{sb}); either input can be used as an active HIGH enable for data entry through the other input. Both inputs must be connected together or an unused input must be tied HIGH.

Data shifts one place to the right on each LOW-to-HIGH transition of the Clock (CP) input, and enters into Q_0 the logical AND of the two Data inputs ($D_{sa} \cdot D_{sb}$) that existed one set-up time before the rising clock edge. A LOW level on the Master Reset (\overline{MR}) input overrides all other inputs and clears the register asynchronously, forcing all outputs LOW.

TYPE	TYPICAL f_{MAX}	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74164	36MHz	37mA
74LS164	36MHz	16mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N74164N, N74LS164N
Plastic SO	N74LS164D

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

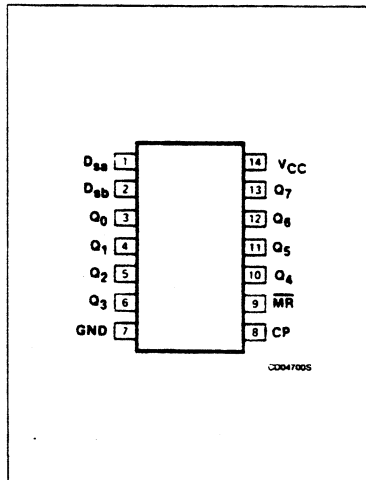
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74	74LS
All	Inputs	1uI	1LSuI
All	Outputs	5uI	10LSuI

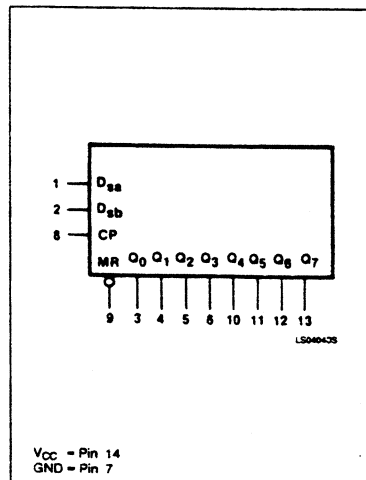
NOTE:

Where a 74 unit load (uI) is understood to be $40\mu A I_{IH}$ and $-1.6mA I_{IL}$, and a 74LS unit load (LSuI) is $20\mu A I_{IH}$ and $-0.4mA I_{IL}$.

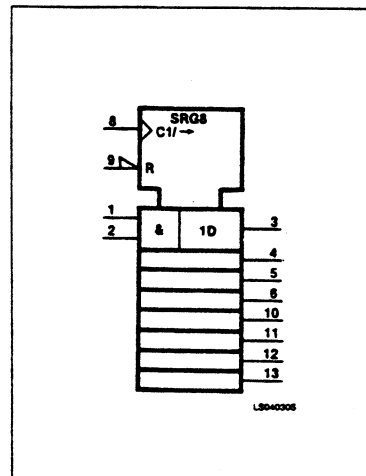
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



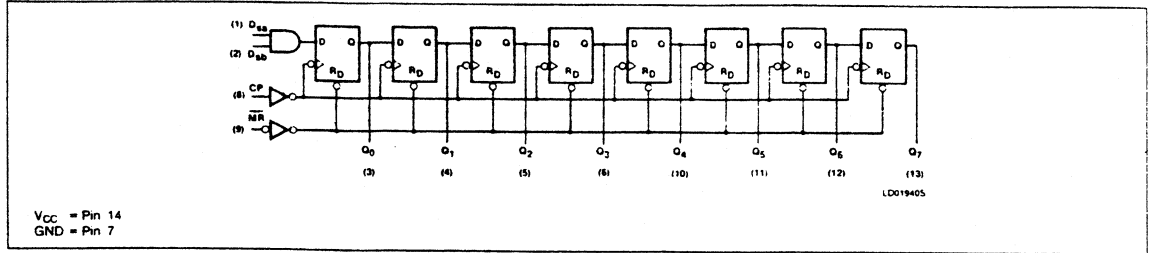
LOGIC SYMBOL (IEEE/IEC)



Shift Registers

74164, LS164

LOGIC DIAGRAM



MODE SELECT — TRUTH TABLE

OPERATING MODE	INPUTS				OUTPUTS	
	MR	CP	D _{sa}	D _{sb}	Q ₀	Q ₁ — Q ₇
Reset (clear)	L	X	X	X	L	L — L
Shift	H	↑	l	l	L	q ₀ — q ₆
	H	↑	l	h	L	q ₀ — q ₆
	H	↑	h	l	L	q ₀ — q ₆
	H	↑	h	h	H	q ₀ — q ₆

H = HIGH voltage level.
 h = HIGH voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH Clock transition.
 L = LOW voltage level.
 l = LOW voltage level one set-up time prior to the LOW-to-HIGH Clock transition.
 q = Lower case letters indicate the state of the referenced input (or output) one set-up time prior to the LOW-to-HIGH Clock transition.
 X = Don't care.
 ↑ = LOW-to-HIGH Clock transition.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Over operating free-air temperature range unless otherwise noted.)

PARAMETER		74	74LS	UNIT
V _{CC}	Supply voltage	7.0	7.0	V
V _{IN}	Input voltage	-0.5 to +5.5	-0.5 to +7.0	V
I _{IN}	Input current	-30 to +5	-30 to +1	mA
V _{OUT}	Voltage applied to output in HIGH output state	-0.5 to +V _{CC}	-0.5 to +V _{CC}	V
T _A	Operating free-air temperature range	0 to 70		°C

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

PARAMETER	74			74LS			UNIT	
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max		
V _{CC}	Supply voltage	4.75	5.0	5.25	4.75	5.0	5.25	V
V _{IH}	HIGH-level input voltage	2.0			2.0			V
V _{IL}	LOW-level input voltage			+0.8			+0.8	V
I _{IK}	Input clamp current			-12			-18	mA
I _{OH}	HIGH-level output current			-400			-400	μA
I _{OL}	LOW-level output current			8			8	mA
T _A	Operating free-air temperature	0		70	0		70	°C

74LS373, 74LS374, S373, S374 Latches/Flip-Flops

'373 Octal Transparent Latch With 3-State Outputs
'374 Octal D Flip-Flop With 3-State Outputs
Product Specification

Logic Products

FEATURES

- 8-bit transparent latch — '373
- 8-bit positive, edge-triggered register — '374
- 3-State output buffers
- Common 3-State Output Enable
- Independent register and 3-State buffer operation

DESCRIPTION

The '373 is an octal transparent latch coupled to eight 3-State output buffers. The two sections of the device are controlled independently by Latch Enable (E) and Output Enable (\overline{OE}) control gates.

TYPE	TYPICAL PROPAGATION DELAY	TYPICAL SUPPLY CURRENT (TOTAL)
74LS373	19ns	24mA
74S373	10ns	105mA
74LS374	19ns	27mA
74S374	8ns	116mA

ORDERING CODE

PACKAGES	COMMERCIAL RANGE $V_{CC} = 5V \pm 5\%$; $T_A = 0^\circ C$ to $+70^\circ C$
Plastic DIP	N74LS373N, N74S373N, N74LS374N, N74S374N
Plastic SOL-20	N74LS373D, N74S373D, N74LS374D, N74S374D

NOTE:

For information regarding devices processed to Military Specifications, see the Signetics Military Products Data Manual.

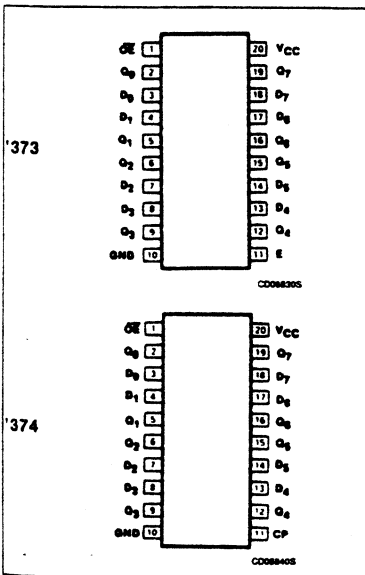
INPUT AND OUTPUT LOADING AND FAN-OUT TABLE

PINS	DESCRIPTION	74S	74LS
All	Inputs	1Sul	1LSul
All	Outputs	10Sul	30LSul

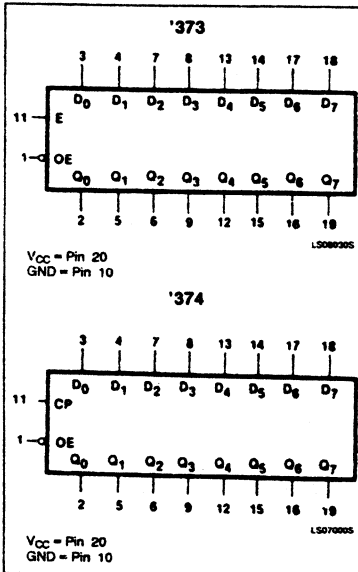
NOTE:

Where a 74S unit load (Sul) is $50\mu A$ I_{BH} and $-2.0mA$ I_{BL} , and a 74LS unit load (LSul) is $20\mu A$ I_{BH} and $-0.4mA$ I_{BL} .

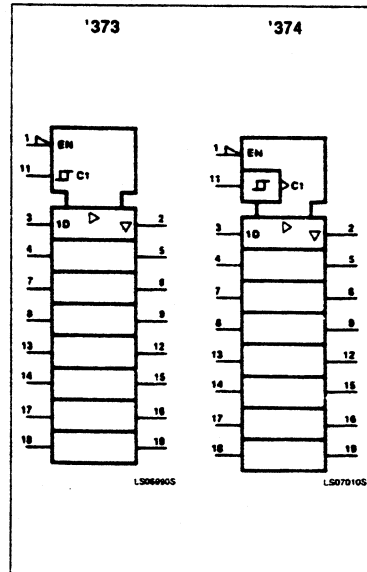
PIN CONFIGURATION



LOGIC SYMBOL



LOGIC SYMBOL (IEEE/EC)



Latches/Flip-Flops

74LS373, 74LS374, S373, S374

The data on the D inputs are transferred to the latch outputs when the Latch Enable (E) input is HIGH. The latch remains transparent to the data inputs while E is HIGH, and stores the data present one set-up time before the HIGH-to-LOW enable transition. The enable gate has hysteresis built in to help minimize problems that signal and ground noise can cause on the latching operation.

The 3-State output buffers are designed to drive heavily loaded 3-State buses, MOS memories, or MOS microprocessors. The active LOW Output Enable (\overline{OE}) controls all eight 3-State buffers independent of the latch

operation. When \overline{OE} is LOW, the latched or transparent data appears at the outputs. When \overline{OE} is HIGH, the outputs are in the HIGH impedance "off" state, which means they will neither drive nor load the bus.

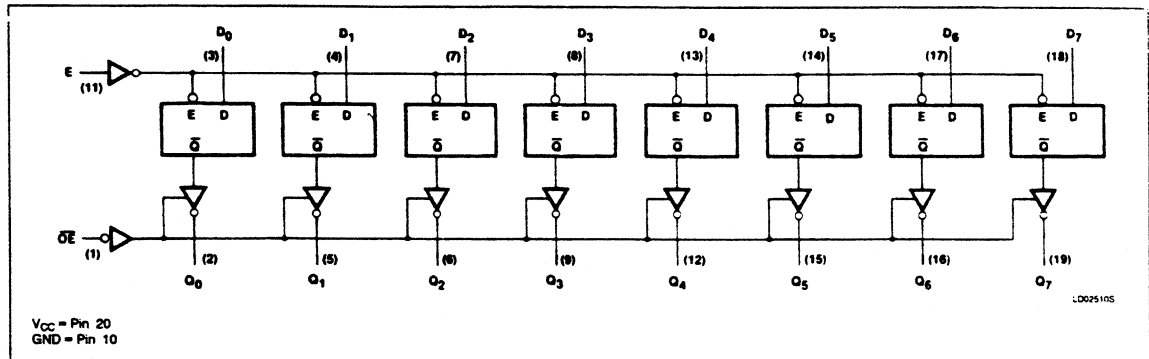
The '374 is an 8-bit, edge-triggered register coupled to eight 3-State output buffers. The two sections of the device are controlled independently by the Clock (CP) and Output Enable (\overline{OE}) control gates.

The register is fully edge triggered. The state of each D input, one set-up time before the LOW-to-HIGH clock transition, is transferred

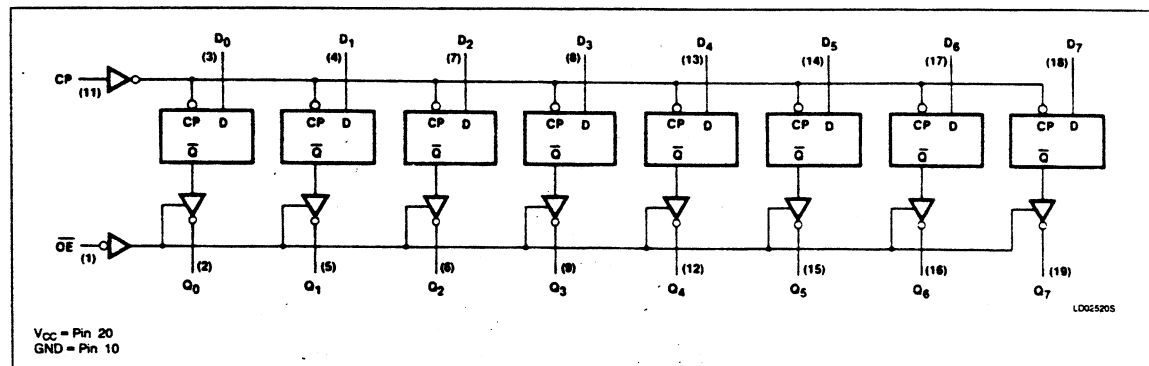
to the corresponding flip-flop's Q output. The clock buffer has hysteresis built in to help minimize problems that signal and ground noise can cause on the clocking operation.

The 3-State output buffers are designed to drive heavily loaded 3-State buses, MOS memories, or MOS microprocessors. The active LOW Output Enable (\overline{OE}) controls all eight 3-State buffers independent of the register operation. When \overline{OE} is LOW, the data in the register appears at the outputs. When \overline{OE} is HIGH, the outputs are in the HIGH impedance "off" state, which means they will neither drive nor load the bus.

LOGIC DIAGRAM, '373



LOGIC DIAGRAM, '374



MODE SELECT — FUNCTION TABLE '373

OPERATING MODES	INPUTS			INTERNAL REGISTER	OUTPUTS
	\overline{OE}	E	D_n		$Q_0 - Q_7$
Enable and read register	L	H	L	L	L
	L	H	H	H	H
Latch and read register	L	L	l	L	L
	L	L	h	H	H
Latch register and disable outputs	H	L	l	L	(Z)
	H	L	h	H	(Z)

Bijzonder onderwerp: de afstandsbediening

Inleiding

De mogelijkheid om consumentenprodukten op afstand te bedienen is de laatste jaren enorm toegenomen. Als eerste werden afstandsbedieningen ruim 15 jaar geleden vooral gebruikt om televisietoestellen te bedienen. Nu wordt bijna elk apparaat standaard of tegen meerprijs voorzien van een 'remote control' (RC): RC's voor alarmsystemen of centrale slotvergrendelingen van auto's, RC's voor video- en audioapparatuur (waaronder ghettoblaster), maar ook voor magnetrons, verlichting en bubbelbaden.

Het RC-5 systeem

algemeen

Het RC-5 systeem is een door Philips ontwikkeld afstandsbedieningssysteem. Het wordt voornamelijk gebruikt voor het op afstand, draadloos bedienen van video- en audioprodukten.

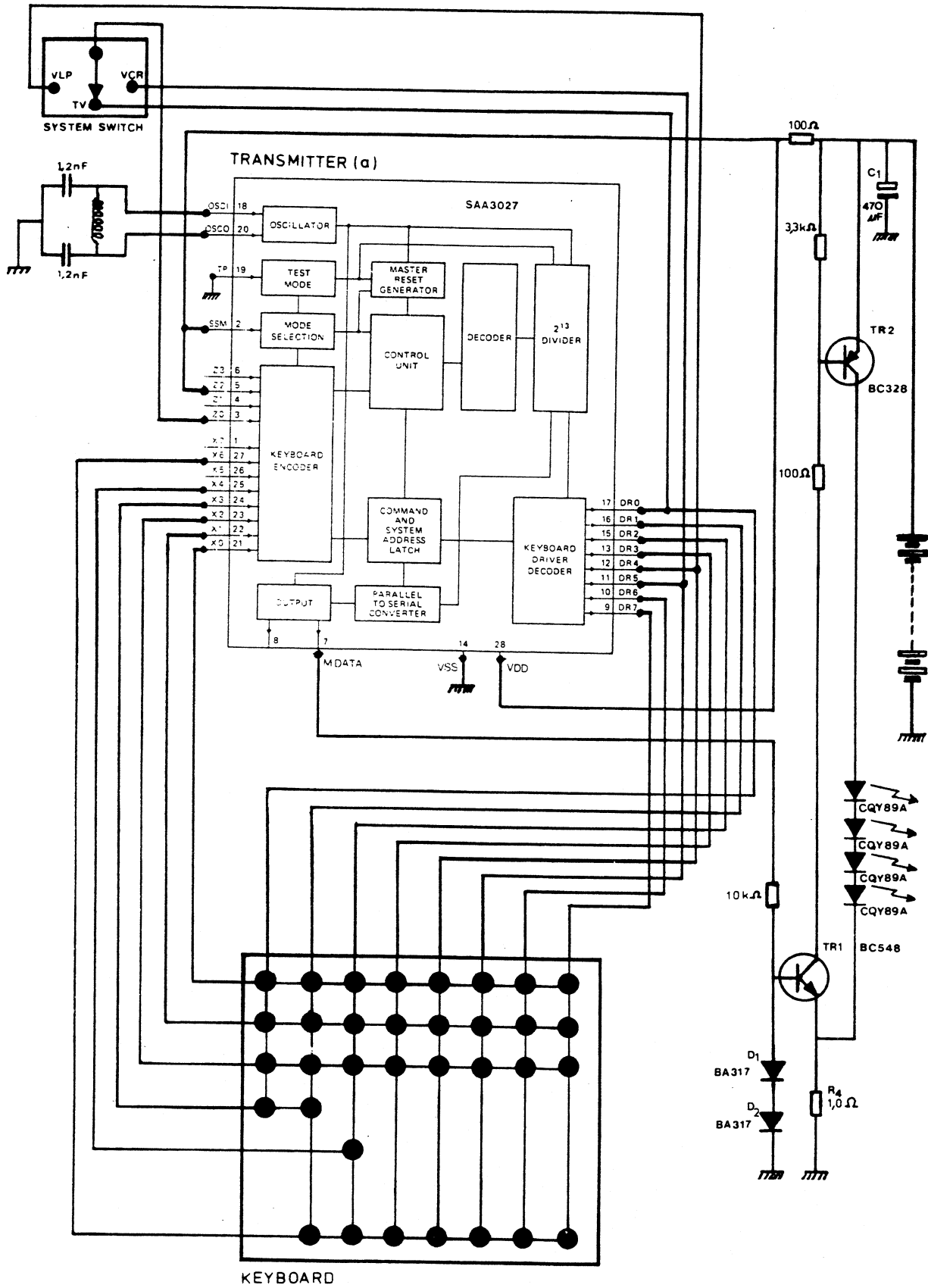
Het systeem bestaat uit een zend- en een ontvangstgedeelte. Het zenddeel bevindt zich in de afstandsbediening, het ontvangstdeel in het te bedienen apparaat. Door middel van een infrarood signaal wordt een code naar het te bedienen systeem gezonden. Deze code bestaat uit een adres en een commando. Het adres dient om het juiste apparaat aan te spreken, bijvoorbeeld de TV of de CD-speler. Het commando meldt vervolgens wat het betreffende apparaat moet gaan uitvoeren, bijvoorbeeld het volume harder zetten of een nummer op de CD kiezen.

Werking

Aan de hand van de figuren zal de werking van het systeem verder uitgelegd worden.

In figuur 10.1 zien we het blokschema van een infrarood afstandsbediening. De LED zendt het infrarode licht uit. Het IC bezit de intelligentie die zorg draagt voor het genereren van de adres- en de commandocodes en stuurt de LED aan. Het toetsenbord maakt het de gebruiker mogelijk zijn wensen aan het IC kenbaar te maken. Het geheel wordt gevoed door een batterij.

Figuur 10.2 geeft het elektrisch schema van de afstandsbediening. Hierin zijn de in figuur 10.1 aangegeven onderdelen nader gespecificeerd. Het IC, afgebeeld in het midden, bovenaan, heeft in totaal 28 aansluitingen. Een groot deel van deze aansluitingen zijn nodig voor de verbinding met het toetsenbord, afgebeeld in het midden, onderaan.



10.146

10.2 Schakelschema: met IR LED's (4*CQY 89A); IC (SAA3027); toetsenbord; batterijen ook een systeemkeuze-schakelaar (VLP-TV-VCR)

In het schema is niet één, maar zijn er vier LED's opgenomen. De twee transistoren met de bijbehorende instelweerstand en dioden realiseren het aan- en uitschakelen van de LED's. Verder zijn de batterijen aan de rechterkant weergegeven en is linksboven de systeemkeuzeschakelaar afgebeeld.

In figuur 10.3 is een kunststof druktoets in doorsnede van opzij weergegeven. Het werkingsprincipe is erg eenvoudig. Als de toets ingedrukt wordt, wijken de dunne, schuine wanddelen naar buiten en komt het zwarte, koolstof contactvlak op de printplaat terecht en verbindt zo twee IC-aansluitingen (zie figuur 10.4). Deze druktoetsen worden altijd groepsgewijs vervaardigd. Dit verlaagt de kostprijs aanzienlijk. Eerst wordt een kunststof matje gemaakt, waar alle toetsen in gevormd zijn. Daarna wordt het voorzien van de koolstof contacten.

De bovenste afbeelding van figuur 10.5 laat zien dat de uitgezonden boodschap is opgebouwd uit vier delen. Het signaal begint met twee start-bits. Deze dienen om de ontvanger te activeren en in te stellen op ontvangst. Het control-bit dient om een nieuwe knopindruk aan te geven. Het vierde tot en met het achtste bit beschrijft het adres van de uitgezonden boodschap. Er zijn dus 32 verschillende adressen mogelijk. Het laatst uitgezonden deel is het commando zelf. In totaal zijn er per afzonderlijk adres 64 verschillende commando's mogelijk. De gehele boodschap is 14 bits lang.

De onderste afbeelding van figuur 10.5 geeft aan dat tussen twee opeenvolgende codes (boodschappen) 64 bittijden zitten.

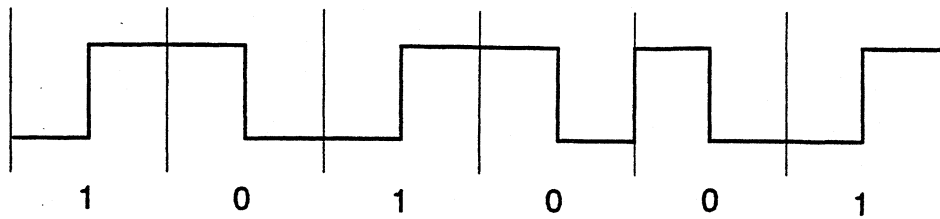
In figuur 10.6 is te zien hoe een bit in dit systeem is opgebouwd. Er wordt gebruik gemaakt van de bifase-codering. Hierbij gaat niet uit van vaste toestanden van '1' en '0', maar van toestandsovergangen: een overgang van 'laag' naar 'hoog' definieert men als zijnde een '1', en een overgang van 'hoog' naar 'laag' definieert men als een '0'.

Het voordeel hiervan is dat er nooit langdurig een vaste toestand aangehouden wordt (zie figuur 10.7). Voor de ontvanger is het dan eenvoudiger de oorspronkelijke bitfrequentie uit het verzonden signaal terug te winnen. De bitfrequentie van ontvanger en zender zijn namelijk nooit exact aan elkaar gelijk. De ontvanger moet zich daarom aanpassen aan (synchroniseren met) de binnenkomende bitfrequentie om fouten in de interpretatie van de verzonden bits te voorkomen. De twee start-bits in de code helpen bij het synchroniseren.

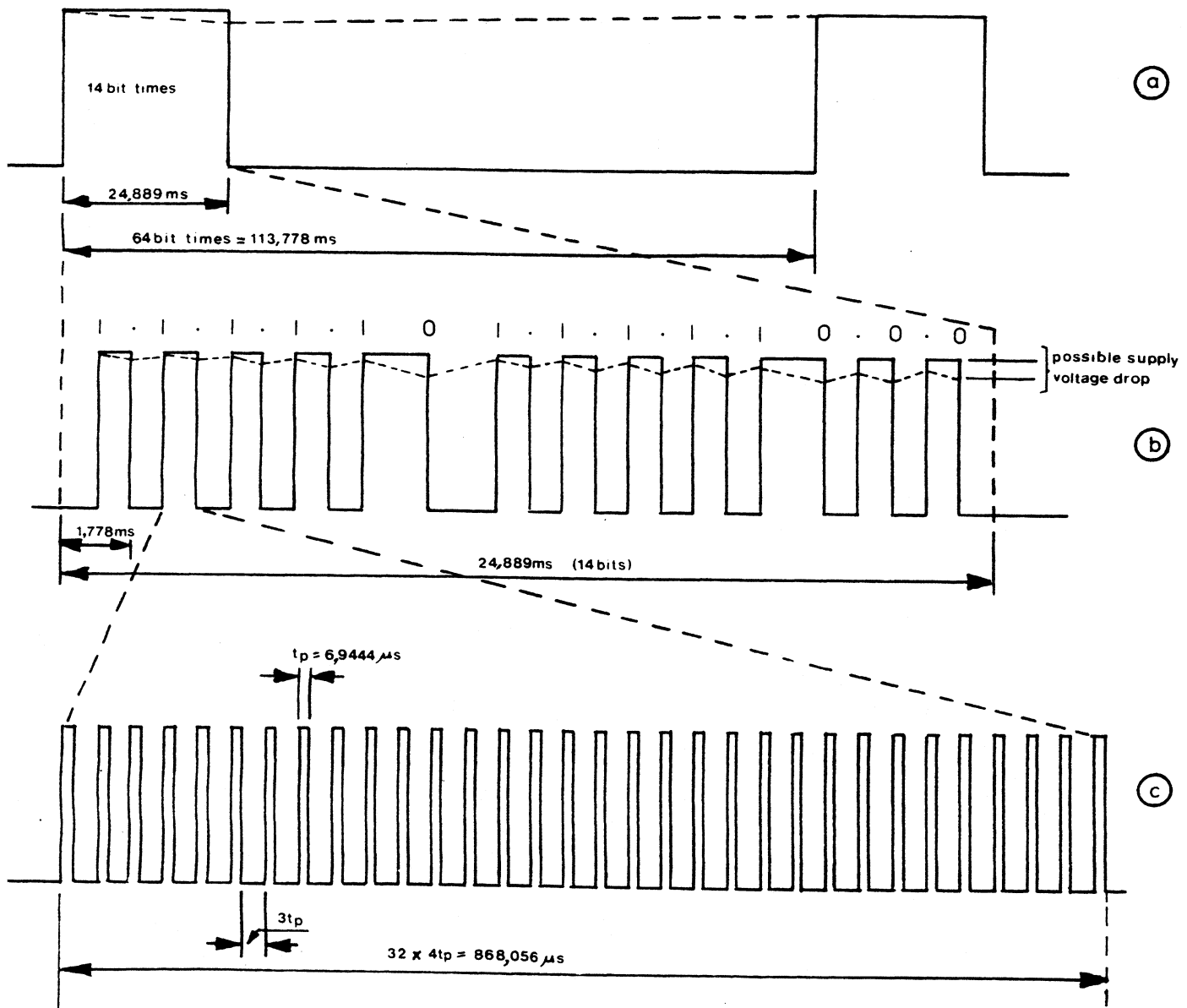
Voor een goede overdracht van de commando's is een sterk infrarood signaal nodig. Om deze felle infrarode lichtflitsen te kunnen uitzenden worden er sterke stroomstoten van 800mA door de LED's gestuurd. Bij een permanente belasting van 800mA zouden de LED's binnen korte tijd oververhit raken en doorbranden. De LED's krijgen echter voldoende tijd om af te koelen, omdat de commando's:

1. in 'bursts' worden uitgezonden (zie figuur 10.8a);
2. door de bifase-code de LED's slechts de helft van de tijd branden (zie figuur 10.8b);
3. met behulp van een 36kHz blokgolf worden uitgezonden, waarvan de pulsbreedte een kwart van een periodetijd bedraagt (zie figuur 10.8c).

In figuur 10.9 is het blokschema van de ontvanger met transcoder afgebeeld. Het binnenkomend commando wordt alleen verwerkt als het adres in overeenstemming is met het apparaat zelf.



10.7 Signaal m.b.v. de Bi-fase opbouw.
- de 36Khz bloksignaal draadgolffrequentie.



10.8 Opbouw infrarood signaal.
- 14 bits commando met een herhaling van dit commando iedere 64 bit tijden (1 bit tijd = 1,778msec);
- de 14 bits commando m.b.v. de bi-fase opbouw;

Stroomverbruik zender

De gemiddelde batterijstroom is gelijk aan de stroom door het IC plus de stroom door de LED's. Dus:

$$I_{\text{bat}} = I_{\text{LED}} + I_{\text{dd}}$$

De effectieve stroom door de LED's bedraagt $14/64 * 1/2 * 1/4 = 14/512$ van de piekstroom van 800mA (zie figuur 10.8). De stroom door het IC bedraagt ongeveer 1mA. Dit geeft:

$$I_{\text{bat}} = 800 * 14/512 + 1 = 22 \text{ mA.}$$

Bij het verzenden van een commando loopt er dus een effectieve batterijstroom van 22mA. Het verzenden van een commando duurt 113,778 msec (zie figuur 10.8a). Stroom maal tijd geeft een hoeveelheid ladingsverplaatsing: $22 * 113,778 = 2,5 \text{ mAs}$ per verzonden code.

Uit consumentenonderzoek blijkt dat er bij het gebruik van TV, teletekst en videorecorder ongeveer 1000 commando's per dag worden verzonden. Hierdoor wordt dagelijks $1000 * 2,5 \text{ mAs} = 2,5 \text{ As}$ aan lading uit de batterij verbruikt.

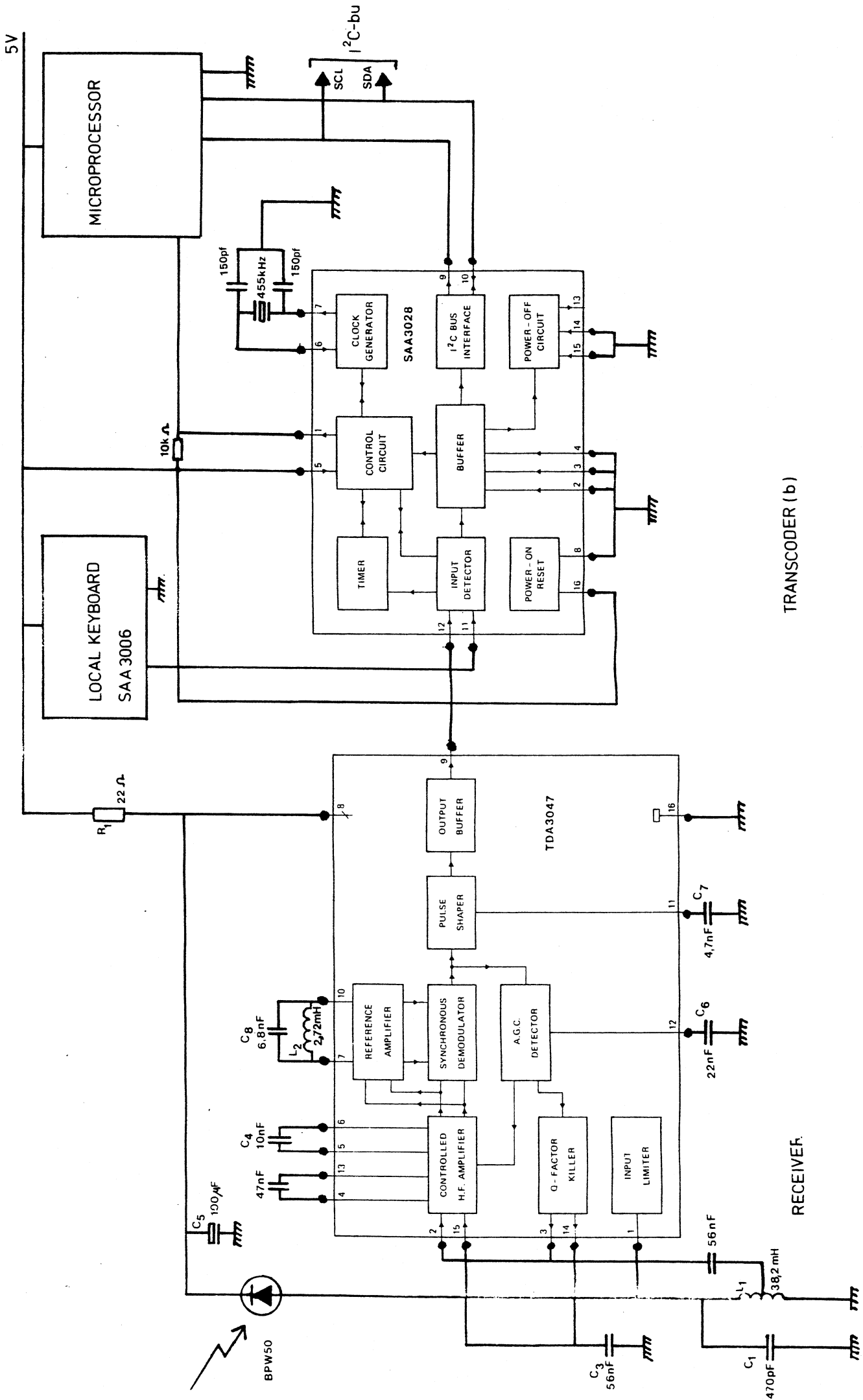
Als uit gaan van een batterijcapaciteit van 480mAH (= $0,480\text{mA} * 3600 \text{ sec} = 1728 \text{ As}$) en de lekstroom verwaarlozen, komt de levensduur van de batterij op:

$$1728 [\text{As}] / 2,5 [\text{As/dag}] = 691 \text{ dagen} = \text{bijna } 2 \text{ jaar.}$$

Kostprijs afstandsbediening

Een eenvoudige infrarood afstandsbediening met zo'n 40 toetsen bevat de volgende componenten:

kunststof onderdelen (omkasting + batt. klepje)	f 1,00
toestenbord compleet	f 1,50
inlegkaart	f 1,25
printplaat + componenten	f 1,50
IC	f 1,50
2 batterijen	f 0,50
LED's	f 0,50
infrarood doorlatend glaasje	f 0,50
verpakking	f 0,50
overige	f 1,25
<u>kosten mal per n</u>	<u>f 1,00</u>
TOTAAL	f 11,00



TRANSCODER (b)

10.9 Blokschema van een IR ontvanger en een transcoder.

Het realiseren van circuits in micro-elektronica

Logische bewerkingen zijn op een vele manieren in micro-elektronica te realiseren. Afhankelijk van het aantal schakelingen dat je wilt realiseren en de haast die je hebt, is er een andere keuze die verstandig is.

Opbouwen uit standaard reeksen

Bouwstenen uit standaard reeksen zoals de 4000- en 7400-familie zijn te gebruiken wanneer er minder dan tien dezelfde schakelingen gerealiseerd moeten worden. Het voordeel van deze methode is dat de bouwstenen zo in de winkel te krijgen zijn. Er hoeft niet geprogrammeerd te worden; de functie van de schakeling wordt geheel bepaald door de bedrading tussen de verschillende IC's.

Deze bouwstenen (IC's) zijn erg goedkoop. Daar staat tegen over dat je bij deze methode meestal vrij veel blokjes nodig hebt. Dat komt omdat het aantal functies per blokje beperkt is. De montagekosten zijn hierdoor hoog en de printplaat zal groot en dus duur zijn.

Programmable Logic Devices

Men gebruikt met voordeel Programmable Logic Devices, wanneer er tussen de tien en de honderd schakelingen gebouwd moeten worden.

PLD's zijn IC's met verzamelingen van poorten en flipflops, waarvan de gebruiker de onderlinge verbindingen kan programmeren. Het voordeel hiervan is dat de gebruiker veel minder blokjes nodig heeft, hetgeen minder ruimte inneemt en minder montagekosten vergt.

De gebruiker zoekt éénmaal uit hoe de PLD geprogrammeerd moet worden om de gewenste logische functie te realiseren. Een PLD kan met de hand of m.b.v. een hogere taal geprogrammeerd worden. In het laatste geval schrijft men een PASCAL achtig programma dat de logische relaties tussen ingangen en uitgangen definieert. Vervolgens laat men de computer dit programma interpreteren en de PLD overeenkomstig programmeren.

Elke PLD moet geprogrammeerd worden. Daarom komen ze niet vaak voor bij in grote aantallen te realiseren schakelingen.

Een PLD is een stuk duurder dan een standaard blokje, maar vervangt de functie van tien tot twintig van deze blokjes.

Er zijn verschillende typen PLD's. De te realiseren logische functie bepaalt welk type het best geschikt is.

Alle typen werken volgens het AND-OR-INVERT principe.

Alle typen werken met velden kruisdraden. Op ieder kruispunt van twee draden zit een verbinding die bij het programmeren kan worden verbroken. Technisch zijn daarvoor verschillende mogelijkheden. Iedere fabrikant heeft daarvoor zijn fabrieksgeheimen.

PAL (Programmable Array Logic). Dit is een circuit versie van de PLA, waarbij het aantal uitgangen en mogelijkheden beperkt is. Men heeft dit gedaan om een IC te krijgen dat relatief goedkoop is en toch de belangrijkste voordelen van een PLA heeft.

PROM

(Programmable Read-Only Memory). Een PROM is een PLD met n ingangen en m uitgangen (meestal 8). Voor elke combinatie van nullen en enen aan de n ingangen, dus voor 2^n combinaties, is een afzonderlijke combinatie van m nullen en enen aan de uitgangen te definiëren. De ingangs combinatie wordt het "adres" genoemd en de uitgangscombinatie de "data".

PLA (Programmable Logic Array). Een PLA is de meest flexibele PLD. Je kunt er ingewikkelde logische functies mee maken met veel ingangsvariabelen. Een PROM is er eigenlijk een vereenvoudigde versie van. Een PLA is door de flexibiliteit vrij duur.

PLD's zijn er in verschillende versies:

'One time programmable'. Dat betekent dat na één keer geprogrammeerd te zijn een PLD niet gewist en opnieuw geprogrammeerd kan worden. Er zijn verbindingen in de PLD verbroken d.m.v. doorbranden met een hoge stroom.

'Erasable'. Dit wil zeggen dat de geprogrammeerde PLD gewist kan worden. Soms kan dit m.b.v. UV-licht. In het IC zit een venstertje van kwarts dat het inwendige zichtbaar maakt. Na het programmeren wordt het venstertje met een stickertje afgeplakt. Om te wissen haalt men het stickertje eraf en stelt men het IC bloot aan UV-licht. Men spreekt dan van EPLD's. Een modernere methode van wissen is m.b.v. een elektrische stroom. Men spreekt dan van EEPLD's (Electrically Erasable PLD's)

Ook van PROM's zijn met UV-licht erasable versies, de EPROM's. Er zijn ook EEPROM's.

'Piracy Protection'. Soms komt het voor dat een producent van een logische schakeling het programma in de PLD's geheim wil houden. Men kan dan kiezen voor PLD's met piracy protection. Deze PLD's kunnen beveiligd worden tegen het uitlezen van het ingevoerde verbindingsschema. Dit kan echter alleen bij PLD's die interne doorverbindingen kennen, waardoor het interne gedrag niet aan de buitenkant te meten is. Een PROM is altijd uit te lezen en te kopiëren door achtereenvolgens alle adressen aan te bieden.

ASIC's

Worden de aantallen groter, dan wordt het verstandig een eigen IC te ontwerpen, dat precies doet wat je nodig hebt. Hiervoor is men aangewezen op een wereldwijd beperkt aantal fabrikanten. Deze schuiven het ontwerp (en de verantwoording) zo ver mogelijk van zich af. Dat betekent wel dat zij computer programma's ter beschikking stellen om de ontwerper zo veel mogelijk te ondersteunen.

Gate Array's

Een Gate Array is opgebouwd uit een groot aantal logische poorten (meestal NANDS) op een chip. De chip is echter nog niet af! De poorten zijn allemaal al wel geproduceerd, maar de verbindingen tussen de poorten ontbreken nog. In deze vorm liggen de plakken bij de IC-fabrikant op de plank.

De chipontwerper heeft speciale programatuur voor zijn computer, waarmee hij de gewenste schakeling ontwerpt. Dit ontwerp gaat op floppy naar de IC-fabrikant. De computer daar berekent een optimum voor de verbindingen tussen de poorten. Dezelfde computer berekent aansluitend een layout van verbindingstrajectjes uit. Via een stel maskers en een fotografisch proces worden de verbindingen dan op de klaar liggende plakken aangebracht en de chips kunnen in huisjes worden gemonteerd.

Er zijn ook groepjes standaard verbindingen in de computer opgeslagen, speciaal bedoeld om flipflops, multiplexers of schuifregisters te maken. Dit geeft een wat optimaler resultaat dan wanneer alles van de grond af aan uit losse poorten wordt opgebouwd. Door de wel zeer wilde "bedrading" wordt namelijk altijd wel een bepaald percentage poorten onbereikbaar ingesloten. Dat is verlies. Aan de lay-out van het IC is ook niets zinvols te zien. De poorten liggen dan wel netjes als huizen in straten, maar door de straten ligt een grote wirwar van sporen.

Omdat de fabrikant niet weet wat het IC moet doen, ook aan het eind niet, heeft een Gate Array een aparte mode om alle poorten te testen. Dit kost extra poorten en ruimte op de chip.

Het ontwerp van een Gate Array kost ongeveer 1 manjaar. Daarin zit het ontwerp van de schakeling, het inbrengen in de computer, het simuleren van de werking met de computer en het opstellen van alle informatie om de chips te kunnen testen. Daarna gaan de floppy's naar de fabrikant.

Het proces bij de fabrikant duurt ongeveer 6 weken. Dan komen de eerste test-IC's binnen. Dit traject kost ongeveer fl.

Als deze prototypen goed functioneren kan men IC's bijbestellen. De prijs hiervan ligt op fl. per stuk

Het gebruik van deze technologie is het meest economisch bij aantallen van 100 tot 10.000 stuks.

Standard Cell's

Bij aantallen van 10^4 tot 10^6 en toenemende complexiteit van de functie wordt het economisch interessant om de standaard cellen methode te gebruiken.

Bij deze methode wordt de lay-out van de chip compleet opgebouwd uit standaard bouwstenen (standard cell's). Met de computer worden deze uit een software bibliotheek gehaald. Er zijn zeer veel standaard cellen beschikbaar, natuurlijk alle veel gebruikte logische schakelingen, maar ook ROM's met inhoud, RAM's en complete microprocessors. Op de chip komen dus alleen die circuits, die ook werkelijk nodig zijn. Elk van deze circuits is tevoren degelijk uitgezocht en optimaal ge-layout. Daardoor kan er per mm^2 veel meer schakeling in standard cell dan in gate array. Aan de layout is ook veel meer te zien. Blokken als ROM en RAM zijn duidelijk te herkennen.

Ook analoge functieblokken kunnen ingebouwd worden, zoals A/D- en DA-converters en zelfs opamps. Uitgebreid testen is dan wel lastig geworden.

Het ontwerp van een standard cell IC kost ook ongeveer 1 manjaar. Omdat de chips nu niet al grotendeels klaar liggen duurt het langer, zeg 3 maanden, voordat de eerste proefchips ontvangen worden. Dit proces is ook duurder, gemiddeld fl....

Bestelde IC's in wat grotere aantallen zijn echter goedkoper. De prijs hiervan ligt op zo'n fl. per stuk

Full Custom Made

Een complexe functie die optimaal gebruik moet maken van de beschikbare chipruimte, of die zo specifiek is dat zij niet is op te bouwen uit standaard cellen, moet helemaal van onder af (Full Custom) ontworpen worden. Door de hoge ontwerpkosten wordt dit alleen voor zeer grote aantallen gedaan (meer dan een miljoen stuks).

De mogelijkheden zijn in feite alleen begrensd door het beschikbare chipoppervlak. Full Custom IC's moeten goed getest worden, omdat alles 'vers' ontworpen is.

Full Custom Made IC's zijn de duurste IC's qua ontwerp. De lange ontwikkeltijd is hier de oorzaak van. De chips zijn echter kleiner dan standard cells. Daarom zijn in echt grote aantallen Full Custom's toch het goedkoopst.

Testen en simuleren

Elk IC dat bij de fabrikant de deur uit gaat is van te voren getest. Dit kost vrij veel tijd per IC en dus ook geld. Om de kosten te drukken wordt er in de ontwerpfase van een chip al gekeken hoe de chip het best (lees: het snelst) getest kan worden. Vaak is het nodig om extra testlogica op de chip aan te brengen, of zelfs extra aansluitingen te reserveren voor testdoeleinden.

Er zijn computerprogramma's die een logische schakeling doorrekenen. De computer simuleert dan de desbetreffende schakeling. Men geeft een sequentie van ingangswaarden (bit-combinaties) en de computer rekent de bijbehorende uitgangswaarden uit. Hiermee kan men snel de pas gefabriceerde proefchips testen: de computer geeft de chip een tevoren

bepaalde reeks ingangsgetallen, de zogenaamde 'testvectoren' van vele enen en nullen, en rekent uit wat de uitgangswaarden zouden moeten zijn. Als er een verschil optreedt tussen de berekende uitgangswaarde en de combinatie gemeten aan de uitgang(en) ('uitgangsvector') van de chip, dan wordt deze afgekeurd.

Speciaal bij de productie wordt gebruik gemaakt van testvectoren om de chips te testen. De fabrikant krijgt daartoe de beschikking over een lijst met testvectoren en uitgangsvectoren (natuurlijk op een floppy). Hoe die met elkaar samen hangen hoeft hij niet te weten. Zo kan hij de chips testen zonder te weten waar die voor bedoeld zijn of wat voor slimmigheid erin verwerkt is. Alleen op deze manier kan een fabrikant veilig zijn diensten aanbieden aan verschillende, elkaar beconcurrerende bedrijven. Bovendien gaat zijn verantwoordelijkheid niet verder dan dat de chip voldoet aan de combinatie testvectoren en uitgangsvectoren. Het verstandig opstellen hiervan is dus van groot belang voor de klant. Maar de lengte van de vectorenlijst bepaalt voor een deel de prijs. Dus hoe complexer het IC, hoe complexer en duurder de testprocedure.