

REVISTA MONITOR DE

RÁDIO e TELEVISÃO

NOVEMBRO



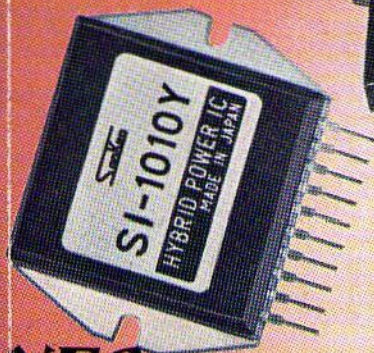
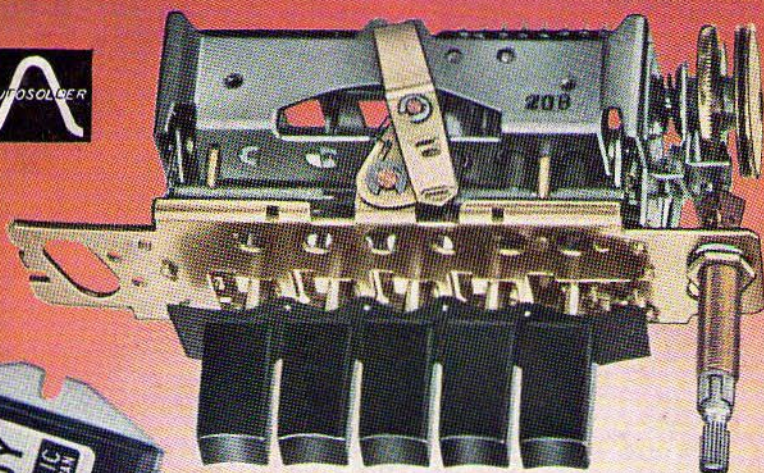
1973

N.º 307

Cr\$ 5,00



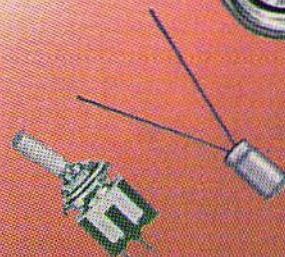
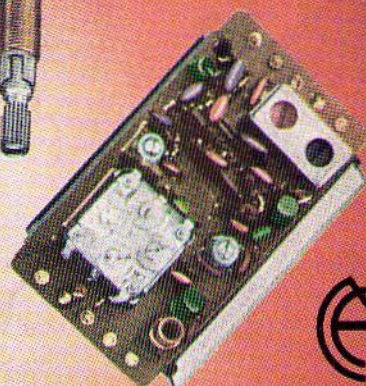
Sanken



NEC



ANRITSU



Rubycon

muRata

CONHECENDO AS ESPECIFICAÇÕES DOS TIRISTORES

Quando se fala em controles de potência e se exige eficiência além da que um simples dispositivo eletromecânico pode oferecer, logo se pensa na utilização de tiristores.

Newton C. Braga

Na realidade, os SCR's vêm ocupando um lugar de destaque na eletrônica dos controles de potência, levando o projetista à necessidade de uma constante atualização, não só dadas as características introduzidas em novos componentes que constantemente surgem, como também à gama crescente de aplicações para este semiconductor.

Neste artigo, faremos uma breve descrição das especificações dos tiristores, procurando com isso levar ao leitor noções necessárias à compreensão dos manuais destes componentes e dos diagramas que os utilizem.

Tiristores

Podemos dizer que os tiristores são componentes eletrônicos que se assemelham em

seu comportamento a uma chave comutadora de dois estados possíveis, que dependem de uma realimentação regenerativa, podendo passar do estado de não-condução para o de condução, e do de condução para o de não-condução. Em outras palavras, os tiristores podem ser descritos como "chaves eletrônicas" que podem ser ligadas ou desligadas através de um sinal externo.

Vários são os tipos de tiristores existentes, mas o mais comum, de que cuidamos neste artigo, é o SCR (Diodo Controlado de Silício).

O SCR é uma "chave" unilateral, isto é, que ao ser "ligada" permite a circulação da corrente num único sentido. Poderíamos imaginá-la como sendo um relé em que tivéssemos um diodo em série com

os contatos. A partir deste comportamento, temos a curva característica do SCR representada na Fig. 1.

As normas para as especificações

São os seguintes os padrões oficiais normalmente seguidos na elaboração de manuais de tiristores, apesar de muitos fabricantes nem sempre os adotarem:

EIA e JEDEC — São os padrões da Electronic Industries Association (2001 Eye St. N. W., Washington DC 20006).

MIL-S-19500 — Especificações gerais para semicondutores, padrões militares (Commanding Officer, Us Naval Publications and Form Center, 5801 Tabor Avenue, Philadelphia, Pa, 19120).

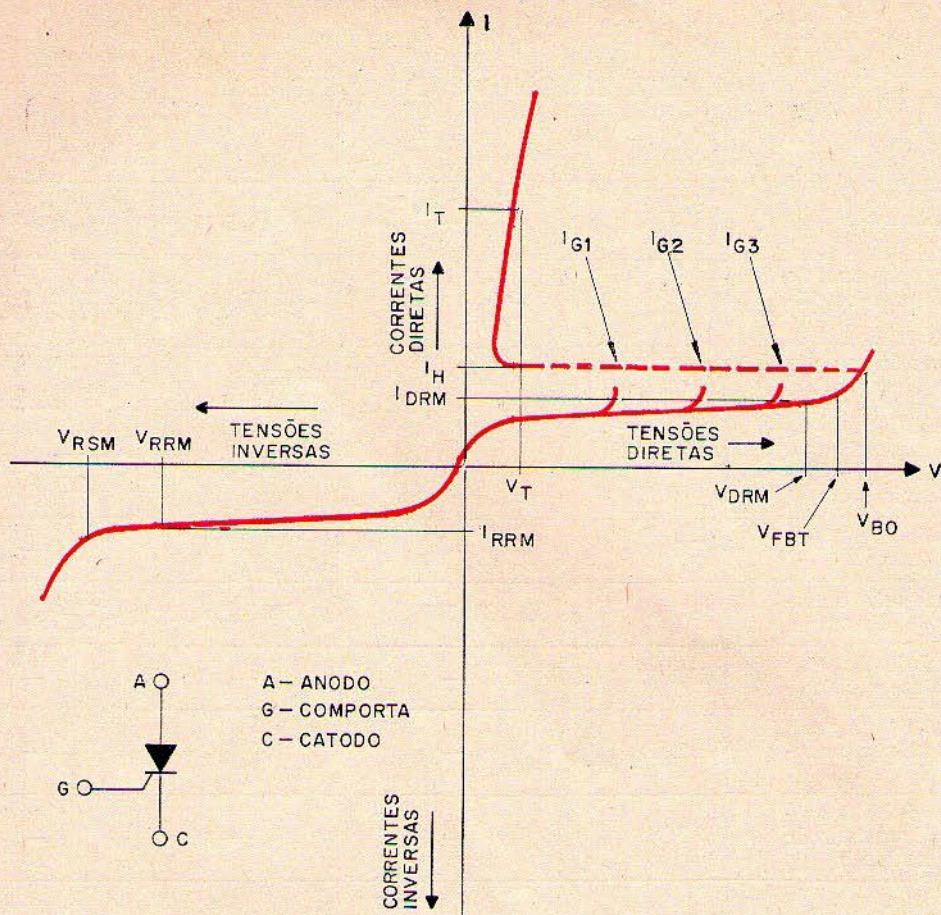
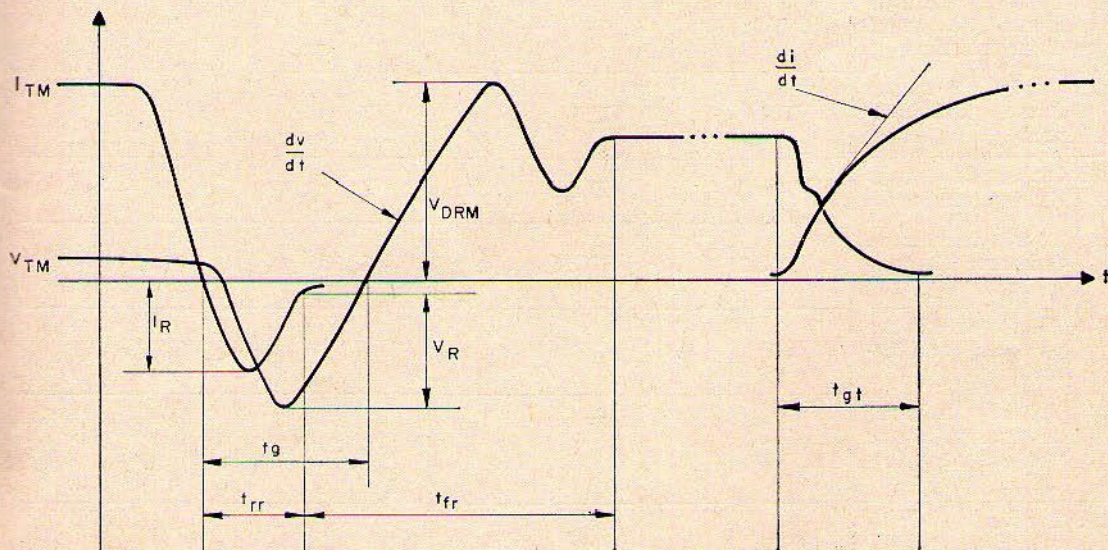


Figura 1



t_{fr} = TEMPO DE RECUPERAÇÃO DO CIRCUITO

ESPECIFICAÇÕES PARA TENSÕES

Termo	JEDEC	Símbolo MIL-S-19500	Westinghouse	Outros
1. Tensão inversa de pico (não-repetitiva)	VRSM	VRM(non-rep)	VRBT	VRSM VROM(non-rep)
2. Tensão inversa de pico (repetitiva)	VRRM	VRM(rep)	VRB	VROM, VRROM VRSM
3. Tensão inversa de pico repetitiva no estado de não-condução	VDRM	—	VFB	PFV VFOM VBROM
4. Tensão estática de disparo	V(BO)	—	—	—
5. Tensão instantânea de disparo	V(BO)	V(BO)FBO	VFBO	VBOO V(BR)F
6. Tensão inversa estática máxima	V(BR)R	—	—	—
7. Tensão inversa instantânea máxima	V(BR)R	—	—	—
8. Tensão RMS máxima no estado de não-condução	VD(RMS)	—	—	—
9. Tensão estática máxima de não-condução	VD	—	—	—
10. Tensão de pico não-repetitiva no estado de não-condução (transiente direto)	VDSM	—	VFBT	VROM VBOM
11. Taxa de crescimento da tensão direta máxima	dV/dt	—	dV/dt	dV/dt
12. Queda de tensão direta (instantânea)	VTM	VFM	VF	—
13. Queda de tensão direta (média)	VT(av)	VF(av)	VF(av)	—
14. Tensão inversa da comporta (instantânea)	VRGM	VKGM	VGMR	VGRM
15. Tensão de disparo por comporta (estática)	VGT	VGT	VGT	VGF
16. Tensão máxima de comporta que não dispara (estática)	VGD	VGT	VGNT	—
17. Tensão de desligamento na comporta (estática)	VGQ	—	—	—

ESPECIFICAÇÕES PARA CORRENTES

Termo	JEDEC	MIL-S-19500	Westinghouse	Outros
18. Corrente inversa de pico (repetitiva)	IRRM	iRBOM	IRB	IROM IRROM
19. Corrente direta de bloqueio	IDRM	iFBOM	IFB	IFOM IDOM
20. Corrente direta de condução (contínua)	IT	—	—	IF
21. Corrente direta RMS de condução	IT(RMS)	—	IRMS	IF(RMS)
22. Corrente direta média de condução	IT(av)	I _o	I _{ave}	IF(ave)
23. Corrente direta de pico (não-repetitiva)	ITSM	IFM	IFM(surge)	ITRM
24. Corrente de manutenção	IH	I _{HOO}	IH	iH
25. Corrente inversa RMS	IR(RMS)	—	—	—
26. Corrente contínua inversa	IR	—	—	—
27. Corrente direta máxima	ITM	iFM	IF	—
28. Corrente de pico de comporta	IGM	iGKM	iGR	+IGM
29. Corrente contínua de comporta	IG	iGK	—	+IG
30. Corrente contínua de disparo	IGT	IGT	IGT	IGT IGF
31. Corrente contínua de manutenção	IH	—	—	—
32. Taxa de crescimento de corrente	di/dt	di/dt	di/dt	di/dt

ESPECIFICAÇÕES PARA POTÊNCIAS

Termo	JEDEC	MIL-S-19500	Westinghouse	Outros
33. Potência de pico de dissipação de comporta	PGM	PGM	PGM	PGM PGFM
34. Potência média de comporta	PG(av)	—	PG(ave)	—
35. Potência inversa de pico de comporta	—	—	PGMR	—

ESPECIFICAÇÕES PARA TEMPERATURAS

Termo	JEDEC	MIL-S-19500	Westinghouse	Outros
36. Temperatura ao ar livre	T_A	T_A	T_A	T_A
37. Temperatura do invólucro	T_C	T_C	T_C	T_C
38. Temperatura de junção	T_J	T_J	T_J	T_J
39. Temperatura de armazenamento	T_{stg}	T_{stg}	T_{stg}	T_{stg}

ESPECIFICAÇÕES TÉRMICAS

Termo	JEDEC	MIL-S-19500	Westinghouse	Outros
45. Resistência térmica	R_θ	—	θ	θ
46. Resistência térmica (junção-invólucro)	$R_{\theta JC}$	—	θ_{JC}	θ_{JC}
47. Impedância térmica transiente	$z_\theta(t)$	—	$\theta(t)$	$\theta(t)$

ESPECIFICAÇÕES PARA TEMPOS

Termo	JEDEC	MIL-S-19500	Westinghouse	Outros
40. I ao quadrado x t	I^2t	—	—	I^2t
41. Tempo de disparo por comporta	t_{gt}	t_{on}	—	t_{on}
42. Tempo de desligamento por comporta	t_{gq}	—	—	—
43. Tempo de desligamento	t_q	t_{off}	t_{off}	t_q
44. Tempo de recuperação da comporta	—	—	t_{gr}	—

Significados

O projetista que trabalha com tiristores deve compreender perfeitamente o significado das especificações dadas pelos fabricantes, pois elas determinam não só os limites de operação desses semicondutores como também o ponto ideal de seu funcionamento.

A existência de qualquer corrente ou tensão que supere as especificações, nem sempre causará a queima do semicondutor, mas também não haverá qualquer garantia de que isso não possa ocorrer. Um tiristor operando fora de suas características não dará o comportamento desejado ao equipamento em que este for utilizado.

Os fabricantes têm o máximo de cuidado em obter as especificações dos tiristores. Milhares de testes como semicondutores operando nos limites de suas capacidades dão uma idéia perfeita de até onde se pode confiar nos componentes.

Tensões

Os tiristores são empregados amplamente em circuitos tanto de alimentação alternada como contínua, operando em frequências baixas ou até mesmo algo elevadas, de modo a estarem sujeitos a polarizações e correntes dos mais diversos tipos.

Podem aparecer tensões contínuas no sentido direto e no sentido inverso, na comporta, tensões alternadas com semiciclos ora diretos, ora inversos.

O projetista que empregar um tiristor deve, pois, saber quais as tensões máximas de cada tipo, suportadas pelo tiristor, para poder compará-las com as tensões do equipamen-

to, sabendo então se o tiristor específico pode ser utilizado naquela aplicação.

As primeiras tensões que vêm especificadas nos manuais são as tensões máximas que podem ser aplicadas no sentido inverso no tiristor. São esses os valores máximos de tensões que aparecem sobre o semicondutor, não devendo ser superados sob "pena de dano permanente".

1. Tensão inversa de pico (não-repetitiva) — É o máximo valor que um único pico de tensão pode ter quando aplicado no sentido inverso. É o máximo valor que qualquer transiente no sentido inverso pode atingir.

2. Tensão inversa de pico (repetitiva) — É o valor máximo que picos de tensão repetitivos podem atingir no sentido inverso.

3. Tensão inversa de pico repetitiva no estado de não-condução — É a tensão máxima que pode aparecer num tiristor quando no seu estado de não-condução.

6. Tensão inversa estática máxima — É o valor máximo que uma tensão negativa do anodo para o catodo pode atingir, para o qual a resistência entre o anodo e o catodo muda de um alto valor para um baixo valor. (Disparo no sentido inverso).

Tensões de disparo

O tiristor pode ser disparado independentemente de uma polarização na comporta, quando a tensão entre o anodo e o catodo (caso dos SCR's) atinge determinado valor.

O ponto de disparo com a comporta desligada está determinado pelo tipo de ten-

são aplicada entre o anodo e o catodo, vindo portanto as especificações dos fabricantes dadas para todos os tipos de tensões que normalmente são aplicadas ao tiristor em seu funcionamento normal.

4. Tensão estática de disparo — É a menor tensão estática que ao ser estabelecida no sentido direto leva o semicondutor de seu estado de não-condução a um estado de plena condução. É o ponto de disparo sob alimentação contínua com a comporta desligada. (Com a comporta polarizada a tensão estática de disparo se reduz. Quanto maior a corrente de comporta, mais baixa a tensão de disparo).

5. Tensão instantânea de disparo — É o valor mínimo que deve ter um pico de tensão aplicado no sentido direto, para que ele dispare quando sua comporta está desligada. Esse valor depende da duração e do formato do pico, vindo especificado em função desses dois parâmetros.

Tensões diretas

São as tensões máximas que podem aparecer num tiristor no sentido direto de condução.

8. Tensão RMS máxima no estado de não-condução — Tensão máxima que pode aparecer no tiristor no sentido direto, no seu estado de não-condução.

9. Tensão estática máxima no estado de não-condução — Valor máximo da tensão estática que pode aparecer no tiristor no seu estado de não-condução.

10. Tensão de pico no estado de não-condução (transiente direto) — Valor máximo que um pico de tensão aplicado no sentido direto pode atingir sem disparar o tiristor.

Quedas de tensão

A existência de uma resistência própria do semicondutor, provoca uma queda de tensão, não recebendo a carga a tensão total de alimentação. Essa queda de tensão vem referida em função de valores instantâneos e médios de tensão.

12. Queda de tensão direta (instantânea) — Valor instantâneo da queda de tensão no semicondutor para cargas e tempos determinados, sem incluir a presença de transientes.

13. Queda média de tensão direta — Valor médio da queda de tensão no sentido direto de condução de um tiristor.

Tensões de comporta

As tensões de comporta do tiristor determinam seu ponto de disparo e têm valores máximos que não devem ser superados, a fim de que a corrente circulante não venha destruir o semicondutor.

14. Tensão inversa de comporta (instantânea) — É o valor máximo que um pico de tensão pode atingir quando aplicado entre a comporta e o catodo do tiristor no sentido inverso.

15. Tensão de disparo por comporta (contínua) — É a tensão estática necessária à produção da corrente de disparo do tiristor.

16. Tensão máxima de comporta que não dispara (estática) — É a máxima tensão contínua que pode aparecer entre a comporta e catodo do tiristor sem que ele dispare.

17. Tensão de desligamento na comporta (estática) — É o valor a que a tensão de

comporta deve cair a fim de que o tiristor passe do seu estado de condução para o estado de não-condução.

Correntes

Tal qual no caso das tensões, as correntes circulantes podem ser de diferentes tipos, determinados pelos tipos de tensões estabelecidas. A tensão é a causa, a corrente o efeito.

Assim, estando o tiristor sujeito às tensões estáticas, pulsantes ou alternadas durante sua operação, podem surgir correntes contínuas, pulsantes.

18. Corrente inversa de pico (repetitiva) — Máxima corrente no sentido inverso que pode resultar da aplicação de um pico de tensão no sentido inverso.

19. Corrente direta de bloqueio — Máxima corrente instantânea que pode resultar da aplicação de picos de tensão no estado de não-condução.

20. Corrente direta de condução (contínua) — Corrente contínua máxima que pode circular entre o anodo e o catodo. É a corrente principal do tiristor, a corrente da carga.

21. Corrente direta de condução RMS — É a corrente máxima RMS que pode circular entre o anodo e o catodo. É a corrente RMS controlada pelo tiristor.

22. Corrente direta média de condução — Valor médio máximo da corrente que pode circular no sentido direto. Corrente média de operação.

23. Corrente direta de pico (não-repetitiva) — Valor máximo que um pico de corrente de duração e formato

determinado pode ter quando aplicado no tiristor no sentido direto.

24. Corrente de manutenção — Menor corrente entre o anodo e o catodo capaz de manter o tiristor em seu estado de condução.

25. Corrente inversa RMS — Corrente máxima resultante da aplicação da tensão máxima inversa RMS.

26. Corrente contínua inversa — Corrente resultante da aplicação da tensão máxima estática inversa.

27. Corrente direta máxima de condução — Corrente resultante da aplicação da tensão máxima no sentido direto.

Correntes de comporta

São as correntes que devem ser estabelecidas no eletrodo de comporta para o disparo do semicondutor, e as máximas correntes que podem circular por esse eletrodo sem que o tiristor se danifique.

28. Corrente de pico de comporta — Valor máximo de um pico de corrente que pode circular pela comporta de um tiristor. Quando representado por um valor positivo, significa uma corrente convencional entrando pelo terminal de comporta, enquanto que representado por um valor negativo significa uma corrente convencional saindo pelo eletrodo de comporta.

29. Corrente contínua de comporta — Corrente resultante da aplicação da tensão contínua de comporta. Máxima corrente que pode circular pelo eletrodo de comporta. Referida em valores negativos representa uma corrente convencional saindo do eletrodo de comporta, e referida em

valores positivos significa uma corrente convencional entrando.

30. Corrente contínua de disparo — Valor da menor corrente contínua necessária ao disparo do tiristor.

31. Corrente contínua de manutenção — Menor corrente contínua circulante pela comporta, necessária para manter o tiristor em seu estado de condução.

Taxas

Um importante fator que determina a aplicação de tiristores em circuitos comutadores de alta velocidade é a sua capacidade de responder às variações bruscas de tensões e correntes. O tiristor não é um comutador de velocidade infinita, sendo então de vital importância o conhecimento de como um tiristor responde a pulsos de disparo de curta duração que lhe são aplicados, assim como a velocidade do crescimento da corrente na carga em função desse disparo.

32. Taxa de crescimento de corrente — Velocidade máxima possível de crescimento da corrente no sentido direto de condução. Quando disparado, essa taxa indica a velocidade com que a corrente cresce de seu valor mínimo (estado de não-condução) ao seu maior valor (plena condução). Ocorre vir essa taxa frequentemente expressa entre dois limites de correntes que não o máximo e o mínimo.

11. Taxa de crescimento da tensão direta — Velocidade máxima do crescimento da tensão direta.

Velocidade crítica de crescimento da tensão — Menor valor que o crescimento da

tensão direta pode ter, a fim de causar u'a mudança do estado de não-condução para o estado de condução.

Potências

No tiristor propriamente dito, as potências não vêm especificadas diretamente, pois podem ser calculadas em função das correntes e tensões que entram em jogo. Em relação à comporta, entretanto, esses valores são muito importantes.

33. Potência de pico de dissipação de comporta — Maior valor instantâneo que a potência dissipada na comporta pode atingir.

34. Potência média de comporta — Máximo valor que a potência média dissipada na comporta pode atingir.

35. Potência inversa de pico de comporta — Máximo valor da potência dissipada quando da aplicação da tensão inversa de comporta.

Temperaturas

Os semicondutores são construídos para operar dentro de certos limites de temperatura, além dos quais danos permanentes podem ocorrer.

As especificações de temperatura são deste modo de vital importância, pois fixam os limites máximos da potência controlada pelo tiristor.

36. Temperatura ao ar livre — Máxima temperatura que pode atingir o tiristor quando em funcionamento ao ar livre.

37. Temperatura do invólucro — Máxima temperatura que pode atingir o invólucro do tiristor sob operação com carga especificada.

38. Temperatura da junção — Temperatura virtual máxima da junção sob condições de corrente de carga especificada. Quando não especificada, geralmente costuma ser de 125 graus centígrados.

39. Temperatura de armazenamento — Temperatura máxima que pode estar o componente quando fora de uso (armazenado).

40. I ao quadrado vezes t — Esta especificação refere-se à capacidade máxima do tiristor de sofrer uma sobre-corrente não-repetitiva. Normalmente vem referida em termos de aplicação de meio semiciclo de uma corrente de 60 Hz.

Tempos

Dado o fato de que um tiristor não é um comutador de velocidade infinita, os intervalos de tempos decorridos entre dois estados em diferentes circunstâncias são de enorme importância para os projetos. Conforme o tipo de impulso de controle, o tiristor poderá comportar-se de um modo diferente. Os tempos em que essas variações ocorrem vêm especificados em todos os manuais de tiristores e são de grande importância na escolha do componente, principalmente para aplicações onde o semicondutor opera como comutador de alta velocidade.

41. Tempo de disparo por comporta — Intervalo de tempo decorrido entre a aplicação de um pulso de disparo na comporta, e o tempo em que a corrente cresce de 10% a 90% de seu valor máximo.

42. Tempo de desligamento por comporta — Tempo decorrido entre o instante em que a tensão da comporta cai a zero, após comutação externa, e o instante em que o ti-

ristor está apto a suportar uma tensão externa de forma e valor determinados, sem disparar.

43. Tempo de desligamento — Tempo decorrido entre o instante em que a tensão aplicada ao tiristor cai a um valor mínimo, e o instante em que ele deixa de conduzir no sentido direto.

44. Tempo de recuperação da comporta — Mínimo intervalo de tempo existente entre o ponto de recuperação no sentido inverso e o tempo em que a tensão no dispositivo chega a zero numa determinada subida de tensão, sem conduzir.

Especificações térmicas

Todo calor desenvolvido num tiristor deve ser o mais rapi-

damente possível escoado do componente, a fim de que a elevação de temperatura não venha danificá-lo. O escoamento do calor gerado é, pois, de enorme importância num projeto que utiliza tiristores, vindo seus valores especificados conforme se segue:

45. Resistência térmica: — Diferença de temperaturas existentes entre dois pontos especificadores ou regiões determinadas, dividida pela potência dissipada sob condições de equilíbrio térmico.

46. Resistência térmica junção-invólucro — O mesmo especificado acima, em relação à junção e invólucro.

47. Impedância térmica transiente — Mudança da temperatura entre dois pontos especificados ou regiões, ao fi-

nal de um intervalo de tempo, dividida pela variação da potência dissipada no começo do mesmo intervalo de tempo causador da mudança da diferença de temperatura.

Referências

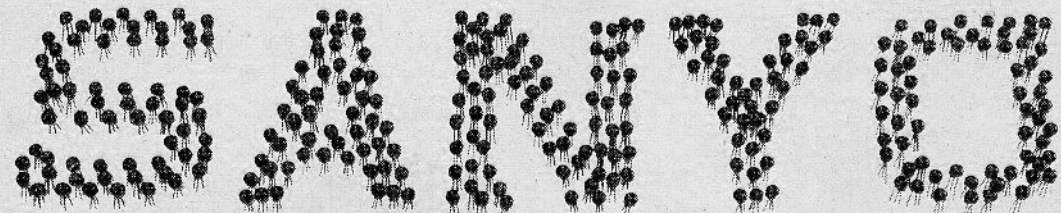
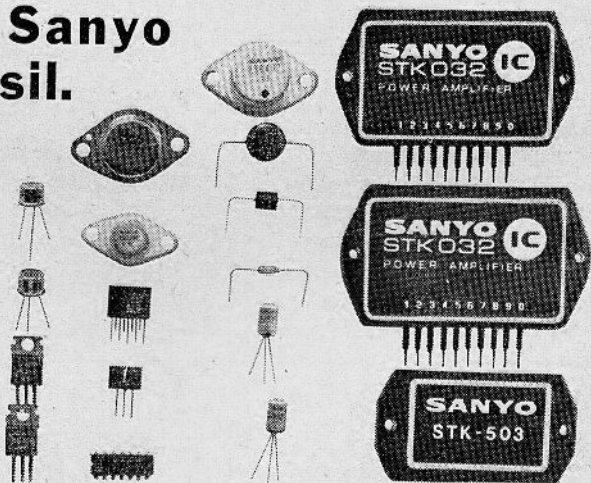
1. The Power Semiconductor Data Book — Texas Instruments Inc.
2. SCR Designers Handbook — Westinghouse (1970).
3. RCA Solid State Data-book (Thyristors, Rectifiers and Other Diodes) — (1972).
4. Guide to Thyristors, Unijunctions and Triggers — Motorola (1973).

Ω

Semicondutores Sanyo fabricados no Brasil.

Os semicondutores Sanyo, inclusive os de circuito integrado, utilizados pelos maiores fabricantes de aparelhos eletrônicos, em todo o mundo, agora são fabricados no Brasil, com todo o know-how japonês da Sanyo.

Vendas diretas. Da Sanyo às indústrias.



SANYO

INDÚSTRIA ELETRÔNICA SANYO DO BRASIL LTDA.

Rua Júlio Colaco, 521 - Fone: 295-9847 - SAO PAULO