

1.4 - Diodi di potenza e diodi Schottky

Diodi di potenza

Diodi di potenza al silicio a giunzione pn

Valori tipici di V_{KN} **0.7÷1.2 V**,

Valori di resistenze tali da mantenere le cadute alla corrente nominale a **1÷2.2 V**.

Correnti nominali da pochi **A** fino a **4000÷5000 A**.

Corrente inversa di fuga I_R molto piccola rispetto alla corrente nominale I_{FN} (I_{FN}/I_R maggiore di **20000÷40000**).

Diodi di potenza

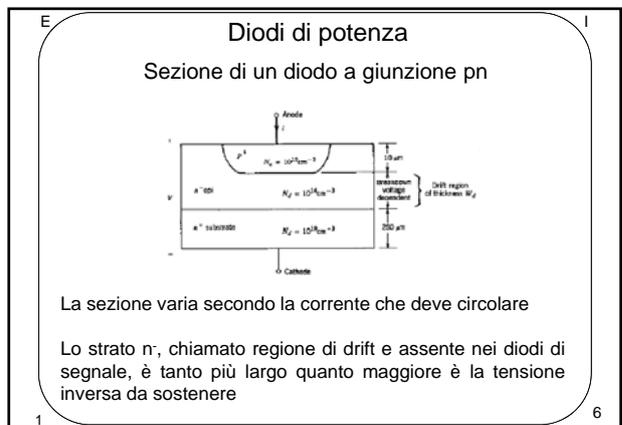
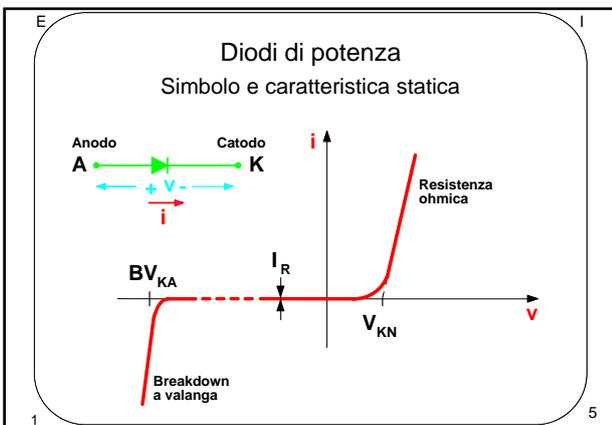
Se la tensione inversa supera un valore limite BV_{KA} (tensione di "Breakdown"), si ha la scarica a valanga e la corrente inversa aumenta bruscamente.

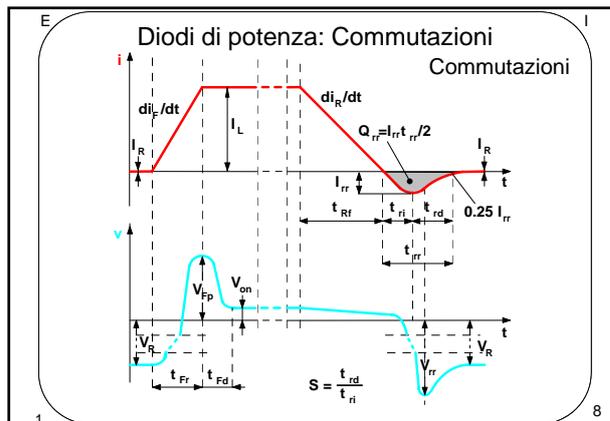
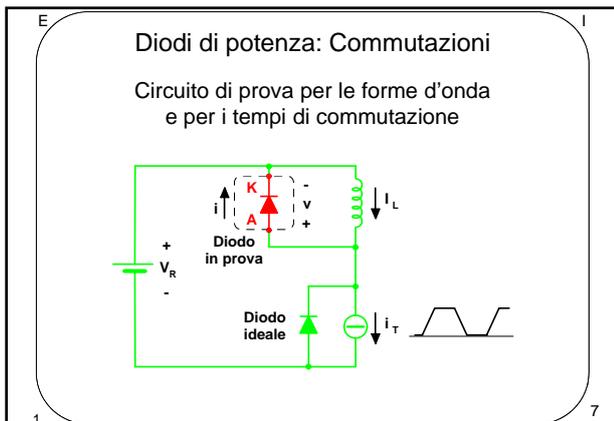
I valori di BV_{KA} variano molto da un dispositivo all'altro e possono andare da poche decine di Volt fino a **6000 V**.

Alcuni diodi (a "valanga controllata") sono costruiti in modo da poter sopportare, entro dati limiti di corrente, tensione e di durata, le condizioni di breakdown.

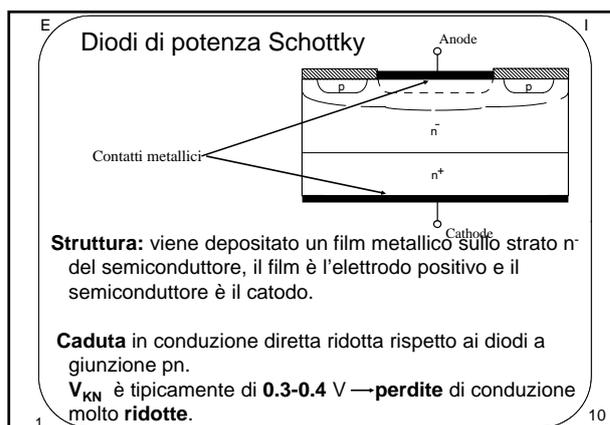
Diodi di potenza

Part number	V _{max} (V)	I _{max} (A)	I _{max} (kA)	Package* (mm)
5SDA 11D1702	1700	1310	15.0	60/34
5SDA 27F2002	2000	2700	31.0	75/47
5SDA 10D2303	2300	1140	13.5	60/34
5SDA 24F2303	2300	2350	29.0	75/47
5SDA 09D2504	2600	1020	11.5	60/34
5SDA 08D3205	3200	910	9.2	60/34
5SDA 19F3205	3200	1870	23.5	75/47
5SDA 21F3204	3200	2110	26.0	75/47
5SDA 07D3806	3800	750	7.6	60/34
5SDA 16F3806	3800	1620	20.5	75/47
5SDA 06D5007	5000	690	7.0	60/34
5SDA 14F5007	5000	1410	17.5	75/47
5SDD 60N2800	2000	6830	87.0	150/100
5SDD 51L2800	2000	5300	65.0	120/78
5SDD 60Q2800	2000	7385	87.0	150/100
5SDD 11D2800	2800	1285	15.0	60/34
5SDD 24F2800	2800	2600	30.0	75/47
5SDD 08D5000	5000	1030	12.0	60/34
5SDD 20F5000	5000	1900	24.0	75/47
5SDD 33L5500	5000	3480	46.0	120/78
5SDD 48H3200	3200	4700	61.0	102/63
5SDD 54H4000	3600	5200	85.0	150/100
5SDD 40H4000	4000	3930	46.0	102/63
5SDD 50H5500	5000	4700	73.0	150/100
5SDD 38H5000	5000	3810	45.0	102/63
5SDD 31H6000	6000	3080	40.0	102/63





- ### Diodi di potenza: Commutazioni
- Elementi rilevanti:
- overshoot di tensione al turn-on dovuta all'induttanza del wafer di silicio e delle connessioni; tale overshoot cresce al crescere della di/dt
 - corrente di recovery al turn-off: le cariche in eccesso nella regione di drift devono essere rimosse prima che la giunzione possa essere contropolarizzata. Tale rimozione avviene grazie alla ricombinazione e all'azione della corrente negativa.
 - la tensione rimane quella dello stato on finché vi sono portatori in eccesso, poi la giunzione diventa contropolarizzata e la tensione sale rapidamente



Diodi di potenza Schottky

Tempi di commutazione molto **ridotti** rispetto ai corrispondenti diodi al silicio di potenza a giunzione pn perchè non hanno portatori di minoranza che devono essere iniettati al turn-on ed estratti al turn-off

Overshoot alla commutazione molto **ridotti** rispetto ai corrispondenti diodi al silicio di potenza a giunzione pn perchè non hanno portatori di minoranza che devono essere iniettati al turn-on ed estratti al turn-off

Per contro, la massima **tensione** inversa di **breakdown** BV_{KA} è minore. I limiti massimi dei dispositivi commerciali non superano **200 V**.

Diodi di potenza: Limiti Massimi

Per un diodo di potenza, un esempio di specificazione dei limiti massimi assoluti può essere:

- Absolute maximum ratings, $T_C=25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Peak repetitive reverse voltage	V_{RRM}	1000 V
Working peak reverse voltage	V_{RWM}	1000 V
DC blocking voltage	V_R	1000 V
Average rectified forward current	$I_{F(AV)}$	30 A

($T_C=117^\circ\text{C}$)

Diodi di potenza: Specifiche

Per un **diodo di potenza**, come per gli altri dispositivi, il costruttore **specifica** tre tipi di dati:

- "**limiti massimi assoluti**" ("**absolute maximum ratings**") valori che **non devono** essere superati per non danneggiare il componente.
- "**caratteristiche**" ("**characteristics**") che comprendono **sia** valori **minimi e/o massimi**, in ben precise condizioni di funzionamento e di temperatura, che si **garantisce** non vengano superati, **sia** valori tipici.
- "**curve tipiche**" ("**typical performance curves**") che mostrano l'influenza delle variazioni delle condizioni di funzionamento sui vari parametri del dispositivo.

13

Diodi di potenza: Limiti Massimi

Repetitive peak surge current (square wave, 20 kHz)	I_{FSM}	60 A
Nonrepetitive peak surge current (halfwaave, 1 phase, 60 hz)	I_{FNRSM}	300 A
Maximum power dissipation	P_D	125 W
Avalanche energy	E_{AVL}	20 mJ
Operating and storage temperature	T_{STG}, T_J	-65 to +125 °C

14

Diodi di potenza: Caratteristiche

Esempio di specificazione:
caratteristiche **garantite**

V_F at I _F =30 A, T _C =25 °C	Max	1.8 V
V_F at I _F =30 A, T _C =150 °C	Max	1.6 V
I_R at V _R =800 V, T _C =25 °C	Max	500 μA
I_R at V _R =800 V, T _C =150 °C	Max	1 mA
t_{rr} at I _F =1 A, di _F /dt =100 A/μs	Max	110 ns
R_{θJC}	Max	1.2 °C /W

valori indicativi:

t_{rr} at I _F =30 A, di _F /dt =100 A/μs	Typ	150 ns
t_{ri} at I _F =30 A, di _F /dt =100 A/μs	Typ	90 ns
t_{rd} at I _F =30 A, di _F /dt =100 A/μs	Typ	45 ns

15

**CAMPI DI APPLICAZIONE
DEI DISPOSITIVI DI POTENZA**

16

**PROCESSO DI FABBRICAZIONE
BIPOLARI DI POTENZA**

TECNOLOGIA PLANARE

17

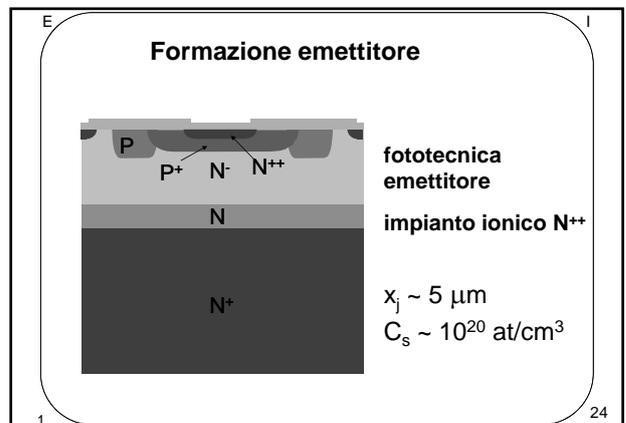
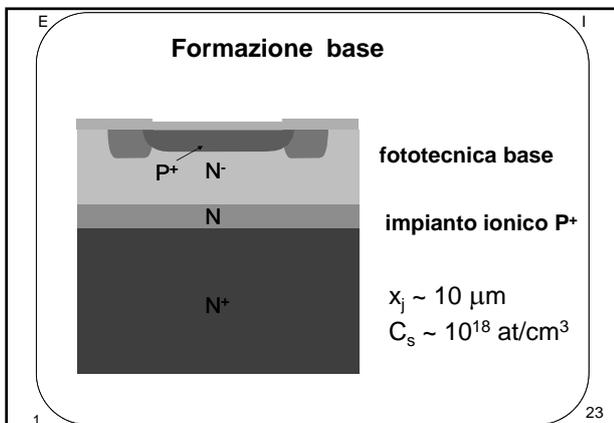
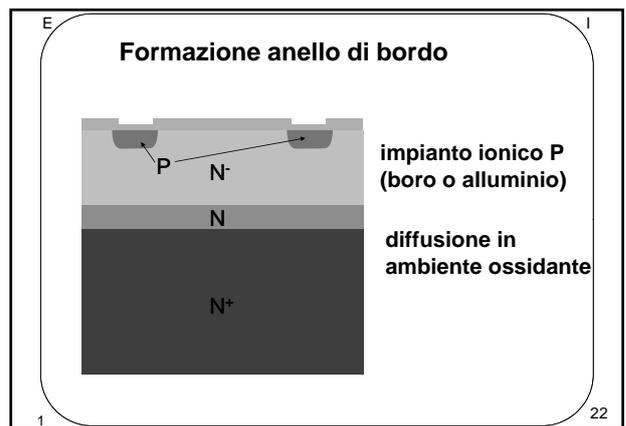
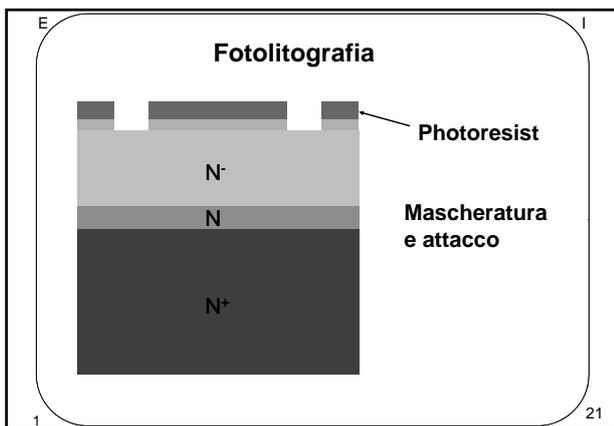
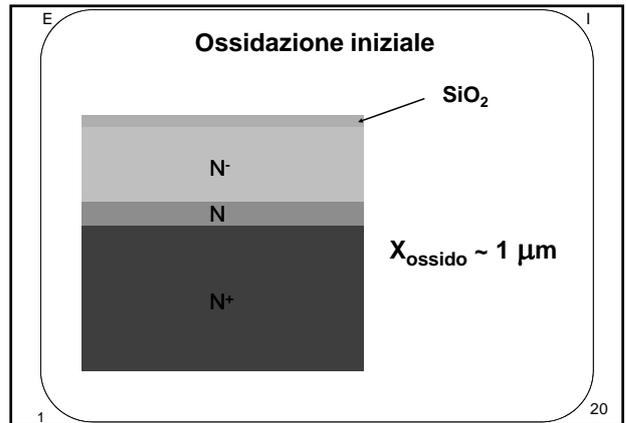
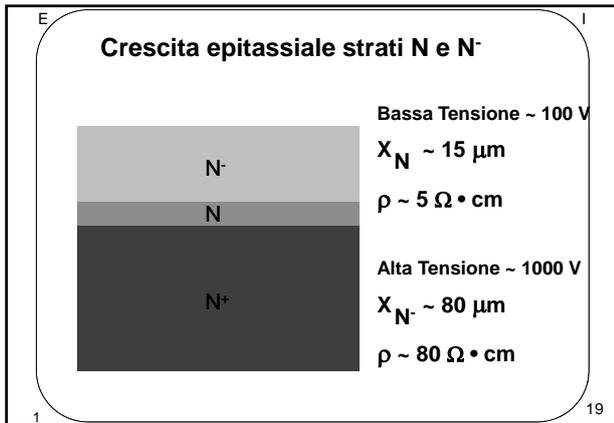
Substrato N⁺

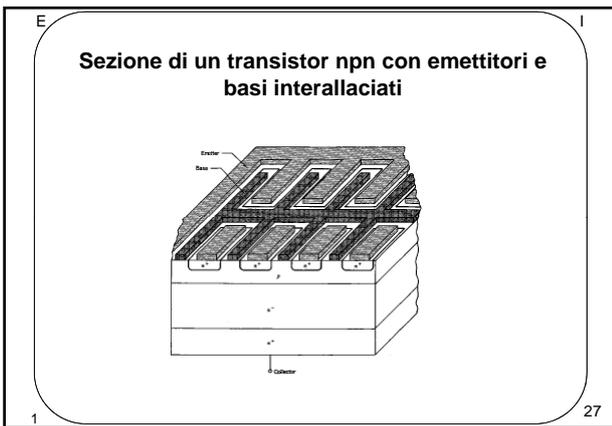
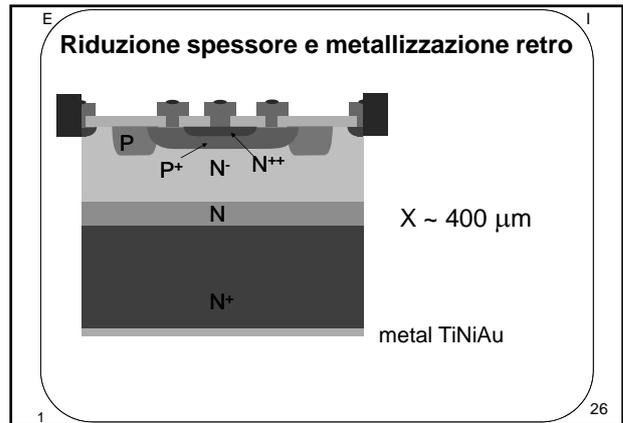
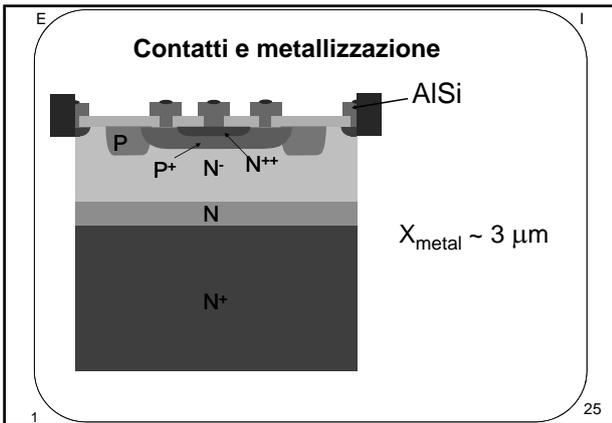
N⁺

X_{N⁺} ~ 600 μm

ρ ~ 10 mΩ • cm

18





BJT: Componente bipolare, chiamato così perché la corrente è determinata sia dal flusso dei portatori di maggioranza che di minoranza

BJT: Componente controllato in corrente

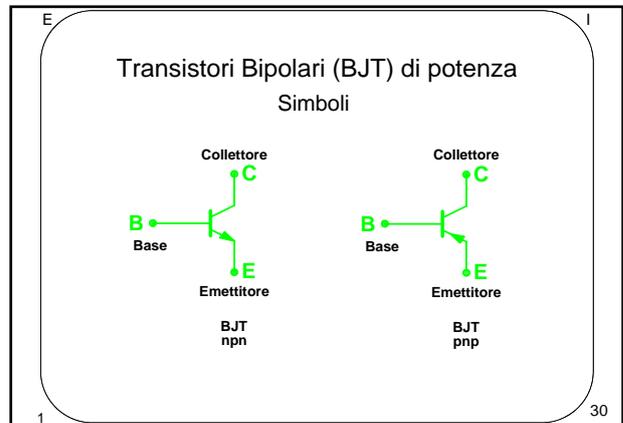
Power BJT: lo spessore della base dovrebbe essere il più piccolo possibile per avere buona amplificazione e più grande possibile per sostenere maggiore tensione inversa.

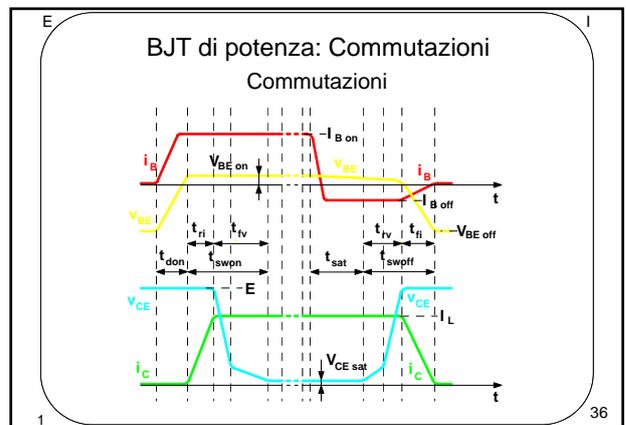
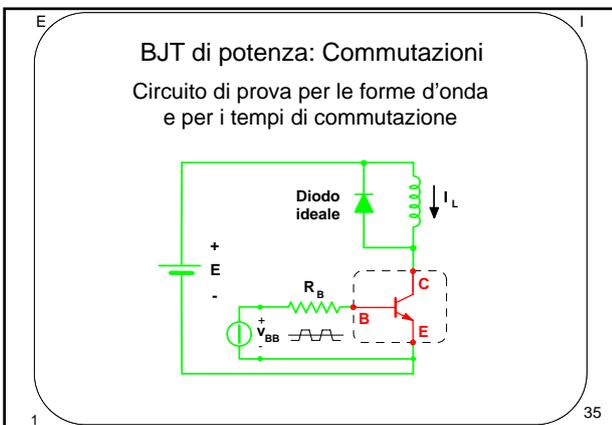
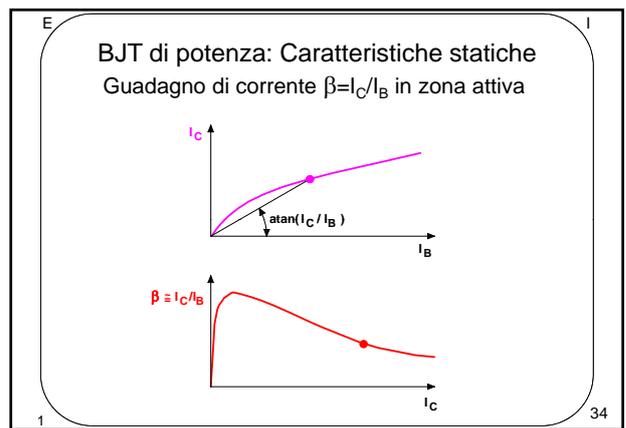
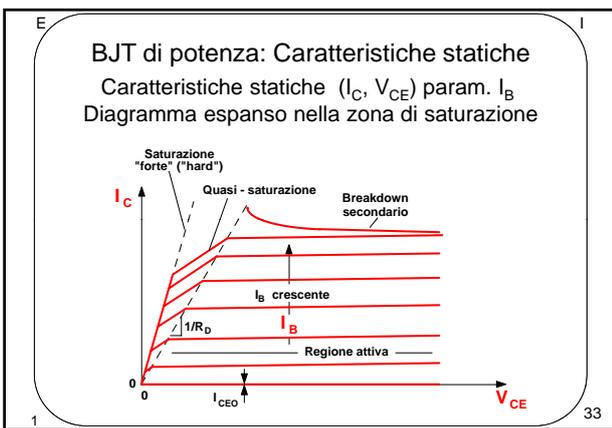
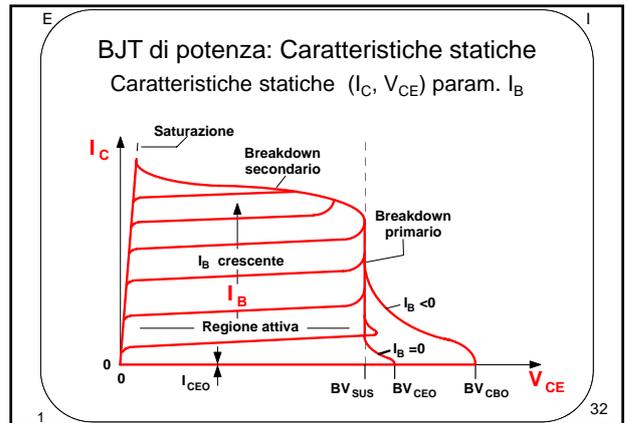
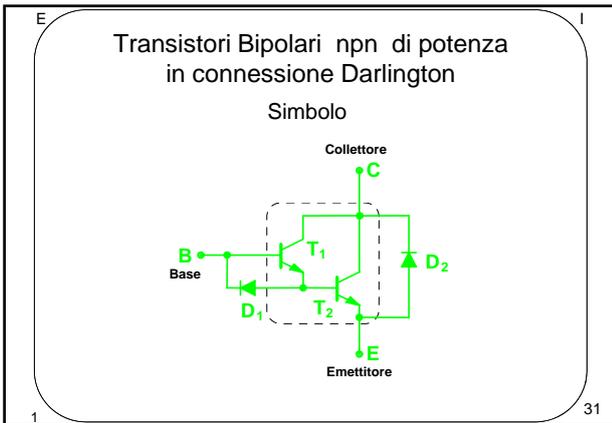
Power BJT: realizzati con tanti emettitori e basi interconnessi per ridurre l'effetto di concentrazioni di corrente localizzate che provocano il breakdown secondario. Questo layout riduce anche la resistenza ohmica parassita e quindi la dissipazione.

1 28

1.5 - Transistori Bipolari (connessione Darlington)

1 29





BJT di potenza: Limiti Massimi Assoluti

Per un BJT di potenza, un esempio di specificazione dei limiti massimi assoluti può essere:

- Absolute maximum ratings ($T_C=25\text{ }^\circ\text{C}$)

Collector-emitter voltage	V_{CEO}	450 V
Collector-emitter voltage ($V_{BE}=-2.5\text{ V}$)	V_{CEX}	700 V
Emitter-base voltage	V_{EBO}	7 V
Collector current	I_C	30 A
Collector current ($t_p \leq 5\text{ ms}$)	I_{CM}	60 A
Base current	I_B	8 A
Base current ($t_p \leq 5\text{ ms}$)	I_{BM}	30 A

BJT di potenza: Limiti Massimi Assoluti

Power dissipation	P_{tot}	150 W
Junction temperature	T_j	-65,+150 W
Insulation voltage ($t=1\text{ mn}$)	V_{ins}	2500 V_{RMS}
Screw torque (mounting terminals)		15 kg · cm
Junction-case thermal resistance	$R_{th(j-c)}$	0.83 $^\circ\text{C/W}$

BJT di potenza: Caratteristiche

Per un BJT di potenza, un esempio di specificazione delle caratteristiche **garantite** e **tipiche** può essere:

OFF CHARACTERISTICS

$BV_{CEO\text{ sus}}$ @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $I_B=0\text{ A}$, $I_C=0.2\text{ A}$, $L=25\text{ mH}$	Min	450 V
$BV_{EBO\text{ sus}}$ @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $I_C=0\text{ A}$, $I_E=100\text{ mA}$	Min	7 V
	Max	30 V
I_{CEX} @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CE}=V_{CEX}$, $V_{BE}=-2.5\text{ V}$	Max	0.4 mA
I_{CEX} @ $T_j=125\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CE}=V_{CEX}$, $V_{BE}=-2.5\text{ V}$	Max	4 mA

BJT di potenza: Caratteristiche

I_{CER} @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CE}=V_{CEX}$, $R_{BE}=5\text{ }\Omega$	Max	1 mA
I_{CER} @ $T_j=125\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CE}=V_{CEX}$, $R_{BE}=5\text{ }\Omega$	Max	8 mA
I_{EBO} @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $I_C=0\text{ A}$, $V_{BE}=-5\text{ V}$	Max	2 mA

ON CHARACTERISTICS

$V_{CE\text{ sat}}$ @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_B=4\text{ A}$, pulsed $t_p < 300\mu\text{s}$ $d < 2\%$	Max	1.5 V
$V_{CE\text{ sat}}$ @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $I_C=30\text{ A}$, $I_B=8\text{ A}$, pulsed $t_p < 300\mu\text{s}$ $d < 2\%$	Max	3.5 V
$V_{BE\text{ sat}}$ @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_B=4\text{ A}$, pulsed $t_p < 300\mu\text{s}$ $d < 2\%$	Max	1.6 V

BJT di potenza: Caratteristiche

DYNAMIC CHARACTERISTICS

f_T @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $f=1\text{ MHz}$, $I_C=1\text{ A}$, $V_{CE}=10\text{ V}$	Typ	5 MHz
C_{22b} @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $f=1\text{ MHz}$, $V_{CE}=10\text{ V}$	Typ	500 pF

SWITCHING CHARACTERISTICS

- Switching times on resistive load

t_{on} @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC}=150\text{ V}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_{B1}=I_{B2}=4\text{ A}$	Typ	0.55 μs
	Max	1 μs
t_s @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC}=150\text{ V}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_{B1}=I_{B2}=4\text{ A}$	Typ	1.5 μs
	Max	3 μs

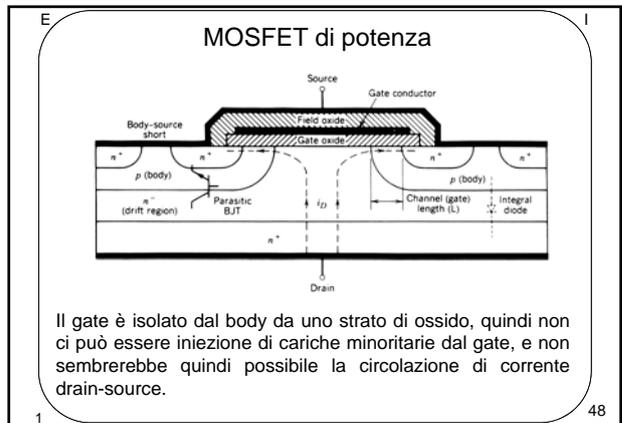
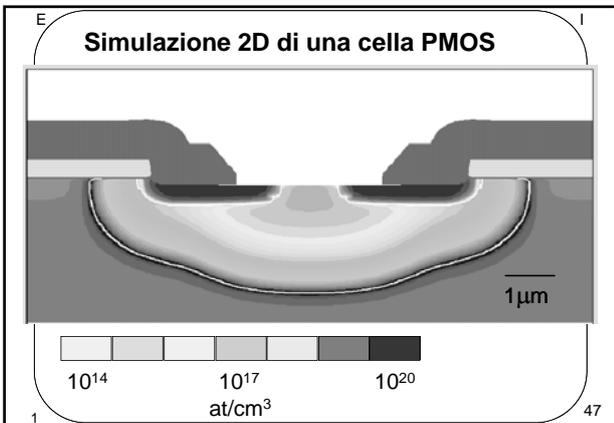
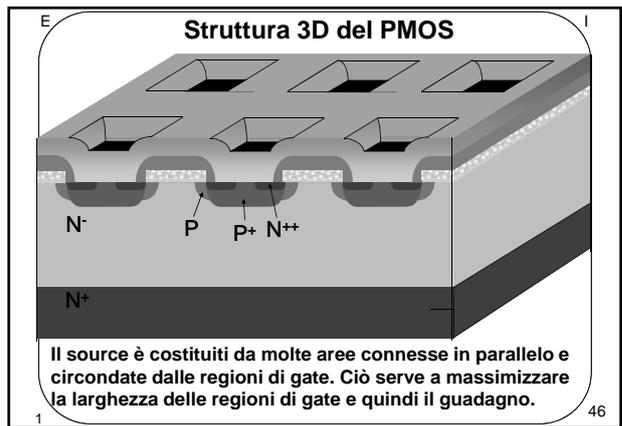
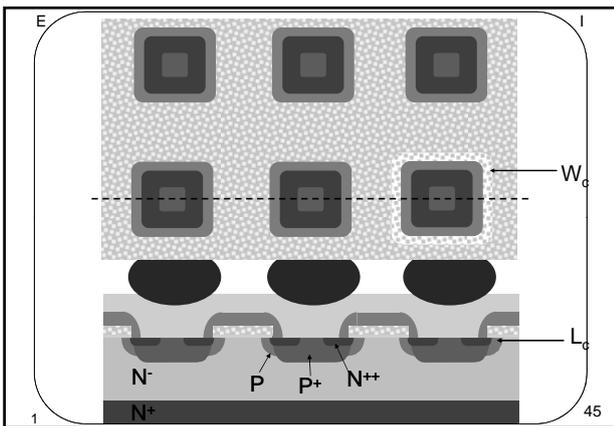
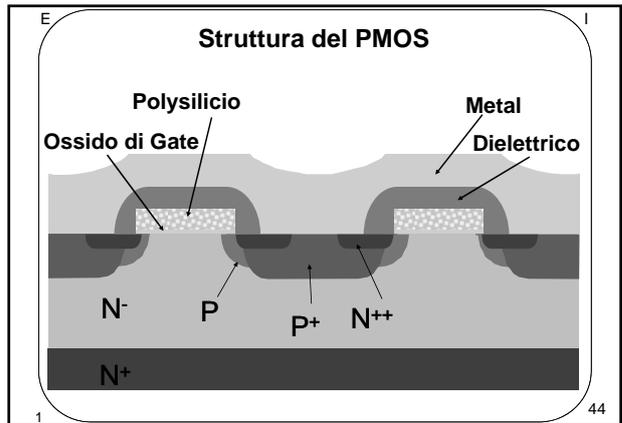
BJT di potenza: Caratteristiche

t_f @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC}=150\text{ V}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_{B1}=I_{B2}=4\text{ A}$	Typ	0.3 μs
	Max	0.8 μs

- Switching times on inductive load

t_s @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC}=300\text{ V}$, $V_{BB}=-5\text{ V}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_{Bend}=4\text{ A}$, $L_B=1.5\mu\text{H}$	Typ	3.5 μs
t_s @ $T_j=100\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC}=300\text{ V}$, $V_{BB}=-5\text{ V}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_{Bend}=4\text{ A}$, $L_B=1.5\mu\text{H}$	Max	5 μs
t_f @ $T_j=25\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC}=300\text{ V}$, $V_{BB}=-5\text{ V}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_{Bend}=4\text{ A}$, $L_B=1.5\mu\text{H}$	Typ	0.08 μs
t_f @ $T_j=100\text{ }^\circ\text{C}$, $V_{CC}=300\text{ V}$, $V_{BB}=-5\text{ V}$, $I_C=20\text{ A}$, $I_{Bend}=4\text{ A}$, $L_B=1.5\mu\text{H}$	Max	0.4 μs

1.6 - MOSFET di potenza



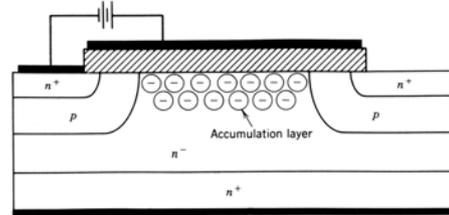
MOSFET di potenza

Tuttavia, l'applicazione di una tensione che polarizza positivamente il gate rispetto al source converte la superficie di silicio sotto l'ossido che isola il gate in uno strato n^- , detto canale, connettendo così il source al drain e consentendo la circolazione di una corrente significativa.

Per minimizzare il rischio che il transistor parassita si accenda, la regione del body è cortocircuitata al source tramite uno strato di metallizzazione (body-source short).

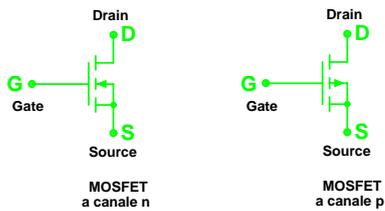
Questo strato aumenta la conduttività della regione di drift formando un accumulo di cariche che aiuta a minimizzare la resistenza in on; inoltre tende ad aumentare il raggio di curvatura della regione di svuotamento (depletion layer).

MOSFET di potenza



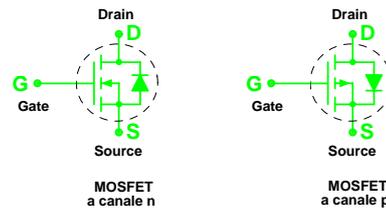
MOSFET di potenza

Simboli



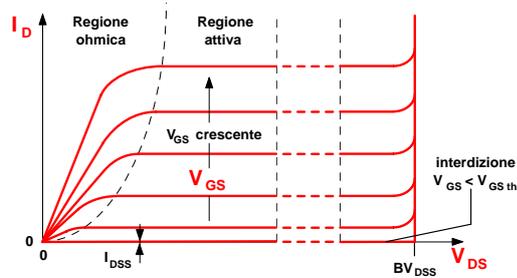
MOSFET di potenza

Simboli col diodo integrale messo in evidenza



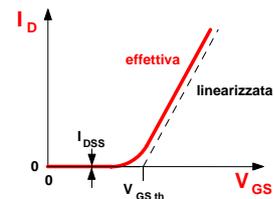
MOSFET di potenza: Caratteristiche statiche

Caratteristiche statiche (I_D , V_{DS}) param. V_{GS}



MOSFET di potenza: Caratteristiche statiche

Caratteristica di trasferimento (I_D , V_{GS}) in regione attiva



MOSFET di potenza: Applicazioni

Caratteristiche dei MOSFET di potenza, usati come **interuttori a conduzione inversa**:

Pilotaggio molto semplice;
intrinsecamente più veloci degli altri dispositivi di potenza ma un pò **più costosi** e più sensibili alle **sovratensioni**.

Cadute in conduzione maggiori, specie con dispositivi per **alte tensioni**.

Limiti di correnti e tensioni da **pochi Ampere** fino a **100 A** da poche decine di Volt fino a circa **1500 V**.

MOSFET di potenza: Commutazioni

Circuito di prova per le forme d'onda e per i tempi di commutazione

MOSFET di potenza: Commutazioni

Capacità Equivalenti

I mosfet di potenza sono intrinsecamente più veloci dei dispositivi bipolari perchè non hanno portatori minoritari in eccesso che devono essere rimossi alle commutazioni. Le uniche cariche in gioco sono quelle relative alle capacità parassite.

La capacità drain-source influenza limitatamente le commutazioni.

MOSFET di potenza: Commutazioni

Capacità Equivalenti

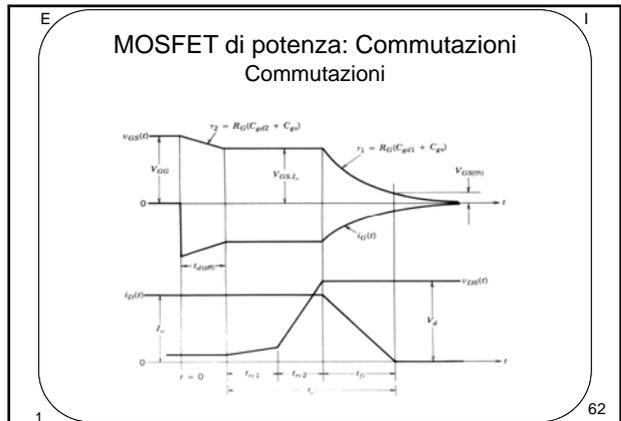
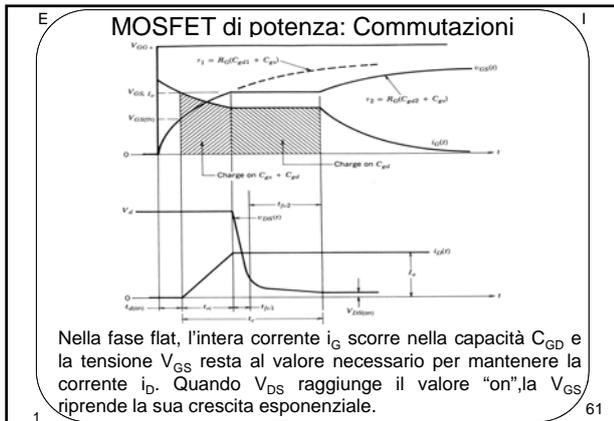
MOSFET di potenza: Commutazioni

Capacità Equivalenti

Le capacità variano, però C_{GS} può essere assunta costante in prima approssimazione. Le variazioni di C_{GD} invece sono maggiori; si possono però assumere i due valori discreti indicati in figura.

MOSFET di potenza: Commutazioni

Commutazioni



MOSFET di potenza: Specifiche

Anche per i **MOSFET di potenza** si **specificano** tre tipi di dati: **limiti massimi assoluti (absolute maximum ratings)**, **caratteristiche (characteristics)**, **curve tipiche (typical performance curves)** (si vedano le definizioni date trattando dei diodi di potenza).

MOSFET di potenza: Limiti Massimi

Per un MOSFET di potenza, un esempio di specificazione dei limiti massimi assoluti può essere:

- Absolute maximum ratings

Continuous Drain Current ($V_{GS}=10\text{ V}$, $T_C=25\text{ °C}$)	I_D	16 A
Continuous Drain Current ($V_{GS}=10\text{ V}$, $T_C=100\text{ °C}$)	I_D	10 A
Pulsed Drain Current (repetitive rating) (1)	I_{DM}	64 A

MOSFET di potenza: Limiti Massimi

Power Dissipation ($T_C=25\text{ °C}$)	P_{D25}	280 W
Linear Derating Factor	DF	2.2 W / °C
Gate to Source Voltage	V_{GS}	$\pm 20\text{ V}$
Single Pulse Avalanche Energy(2)	E_{AS}	1000 mJ
Avalanche Current (1)	I_{AR}	16 A
Repetitive Avalanche Energy (1)	E_{AR}	28 mJ
Peak Diode Recovery dv/dt (3)	dv/dt	3.0 V/ns
Operating Junction and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-55/+150 °C
Soldering Temperature (for 10 s, 1.6 mm from case)		300 °C
Mounting Torque (6-32 or M3 screw)		1.1 Nm

MOSFET di potenza: Caratteristiche

Per un MOSFET di potenza, un esempio di specificazione delle caratteristiche **garantite e tipiche** può essere:

- Thermal resistance

$R_{\theta JC}$ Junction to Case	Max	0.45 °C / W
$R_{\theta CS}$ Case to Sink, Flat, Greased Surface	Typ	0.24 °C / W
$R_{\theta JA}$ Junction to Ambient	Max	40 °C / W
- Electrical characteristics @ $T_C=25\text{ °C}$ (unless otherwise specified)

BV_{DSS} @ $V_{GS}=0\text{ V}$, $I_D=250\text{ }\mu\text{A}$	Min.	600 V
---	------	-------

MOSFET di potenza: Caratteristiche

$\Delta BV_{DSS}/\Delta T_J$	@ $T_J=25\text{ }^\circ\text{C}, I_D=1\text{ mA}$	Typ	0.83 V/°C
$R_{DS(on)}$	@ $V_{GS}=10\text{ V}, I_D=9.6\text{ A (4)}$	Max	0.40 Ω
$V_{GS(th)}$	@ $V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\text{ }\mu\text{A}$	Min/Max	2/4 V
g_{fs}	(Forward transconductance)		
	@ $V_{DS}=50\text{ V}, I_D=9.6\text{ A (4)}$	Min	13 S
I_{DSS}	@ $V_{DS}=600\text{ V}, V_{GS}=0\text{ V}$	Max	100 μA
I_{DSS}	@ $V_{DS}=480\text{ V}, V_{GS}=0\text{ V}, T_J=125\text{ }^\circ\text{C}$	Max	500 μA
I_{GSS}	Gate to Source Forward Leakage		
	@ $V_{GS}=20\text{ V}$	Max	100 nA
I_{GSS}	Gate to Source Reverse Leakage		
	@ $V_{GS}=-20\text{ V}$	Max	-100 nA

MOSFET di potenza: Caratteristiche

Q_G	@ $I_D=16\text{ A}, V_{DS}=360\text{ V}, V_{GS}=10\text{ V}$	Max	210 nC
Q_{GS}	@ as above	Max	26 nC
Q_{GD}	@ as above	Max	110 nC
$t_{d(on)}$	@ $E=300\text{ V}, I_D=16\text{ A}, R_G=4.5\text{ }\Omega, R_D=18\text{ }\Omega$	Typ	19 ns
t_r	@ as above	Typ	54 ns
$t_{d(off)}$	@ as above	Typ	110 ns
t_f	@ as above	Typ	56 ns
L_D		Typ	5 nH
L_S		Typ	13 nH

MOSFET di potenza: Caratteristiche

C_{ISS}	@ $V_{GS}=0\text{ V}, V_{DS}=25\text{ V}, f=1\text{ MHz}$	Typ	3900 pF
C_{OSS}	@ as above	Typ	440 pF
C_{RSS}	@ as above	Typ	98 pF

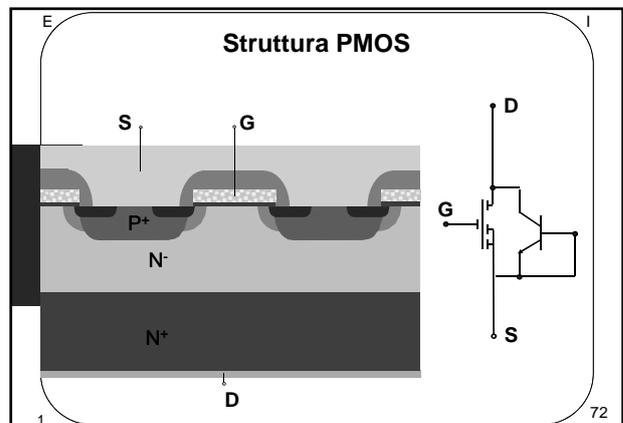
- Source-Drain (Body Diode) Ratings and Characteristics

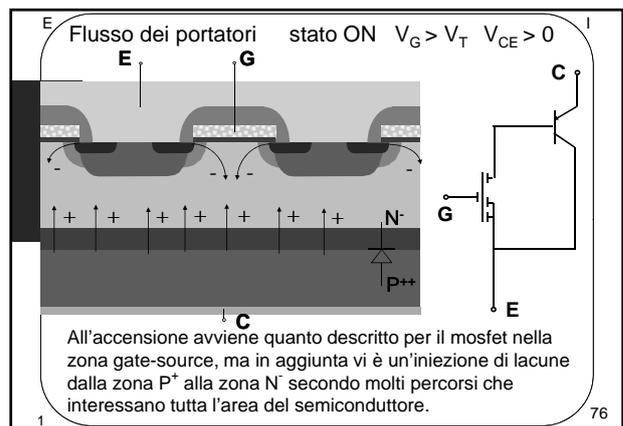
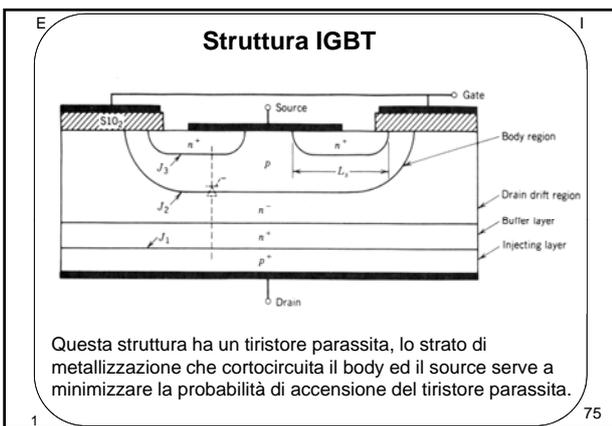
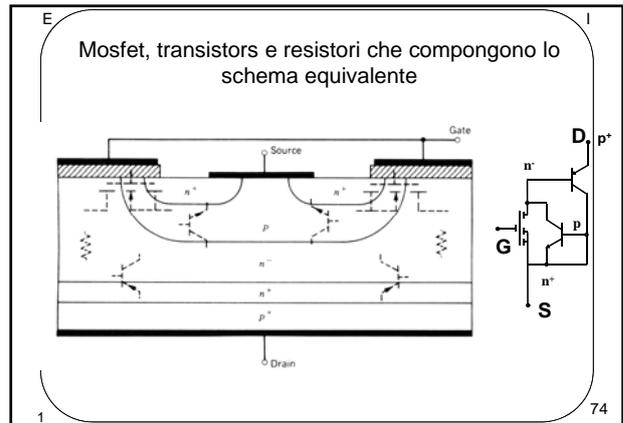
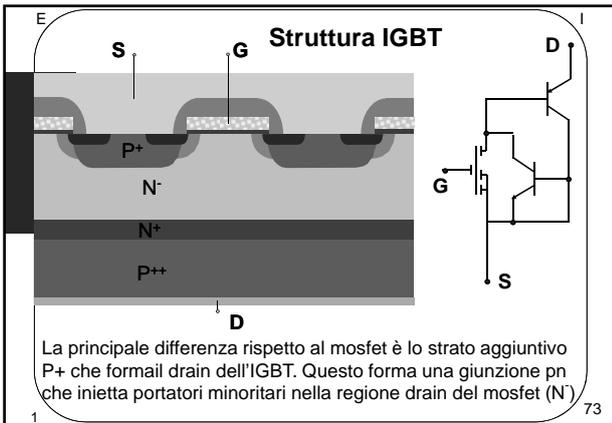
I_S	Continuous Source Current	Max	16 A
I_{SM}	Pulsed Source Current	Max	64 A
V_{SD}	Diode Forward Voltage @ $V_{GS}=0\text{ V}, I_S=16\text{ A}, T_J=25\text{ }^\circ\text{C}$	Max	1.8 V

MOSFET di potenza: Caratteristiche

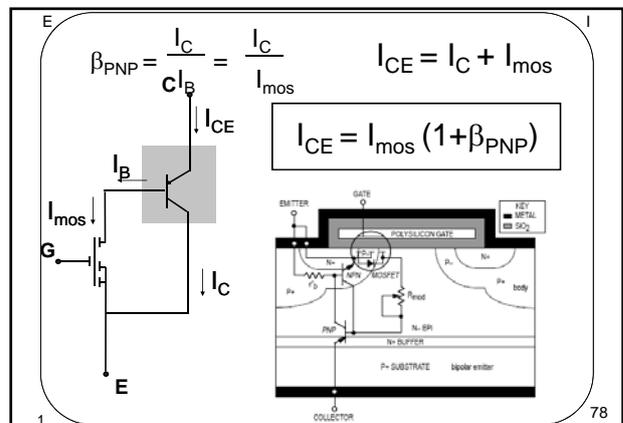
t_{rr}	Reverse Recovery Time @ $I_S=16\text{ A}, T_J=25\text{ }^\circ\text{C}, di/dt=100\text{ A}/\mu\text{s}$	Max	920 ns
		Typ	610 ns
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge @ as above	Max	9.9 μC
		Typ	6.6 μC
t_{on}	Forward Turn-On Time: intrinsic turn-on time is negligible, turn on is dominated by L_S+L_D		

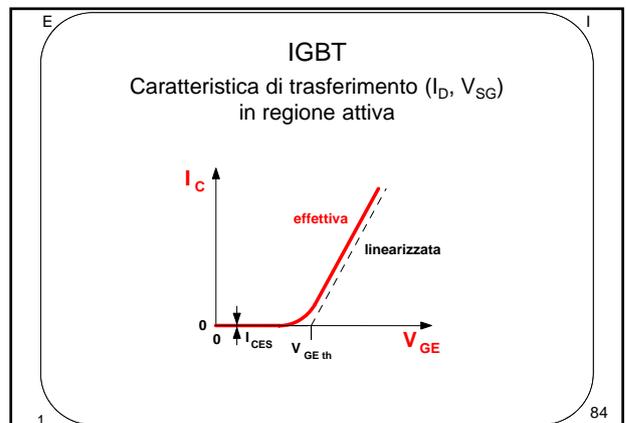
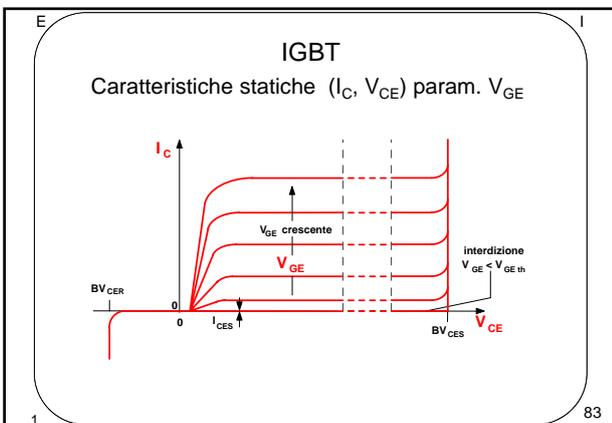
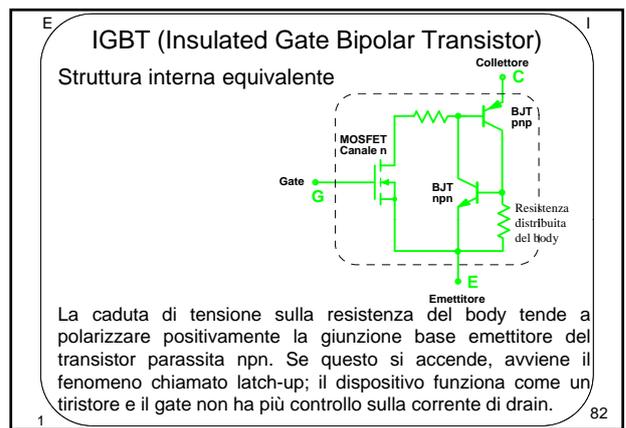
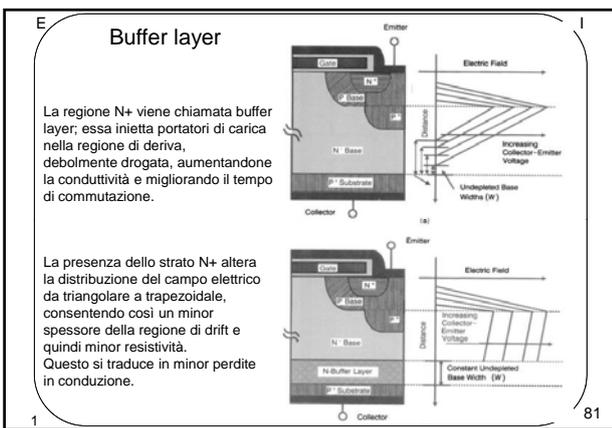
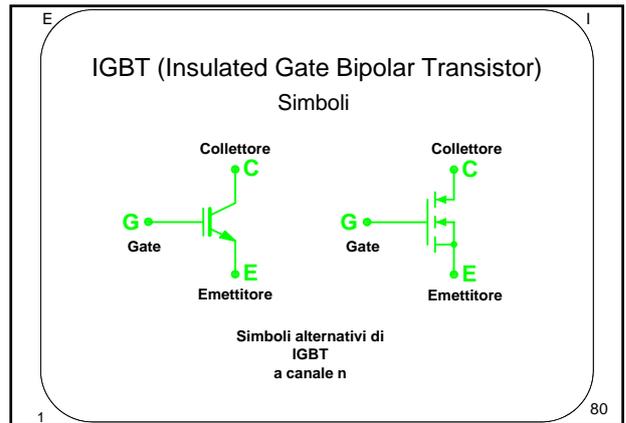
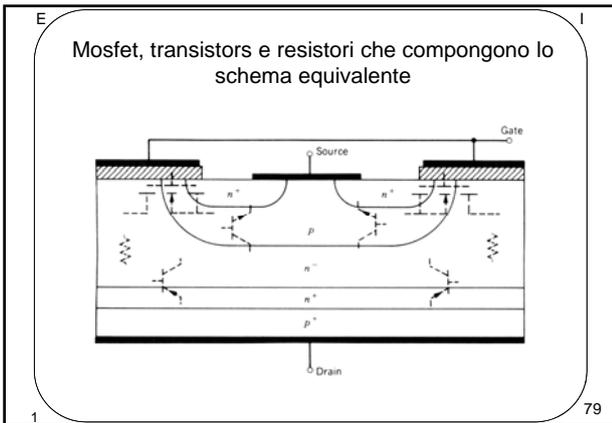
1.7 - IGBT

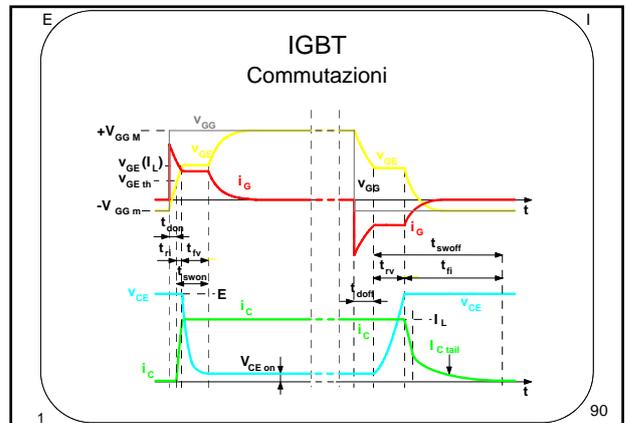
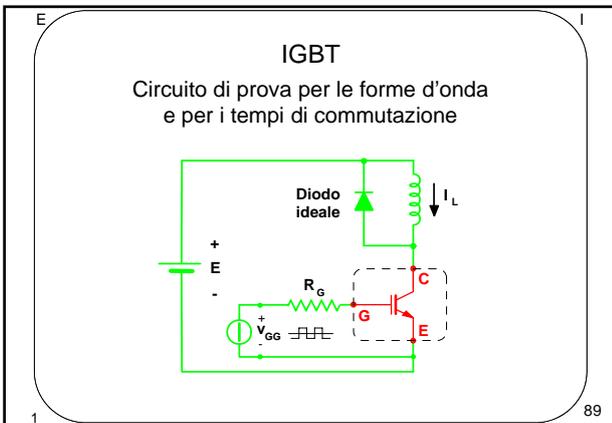
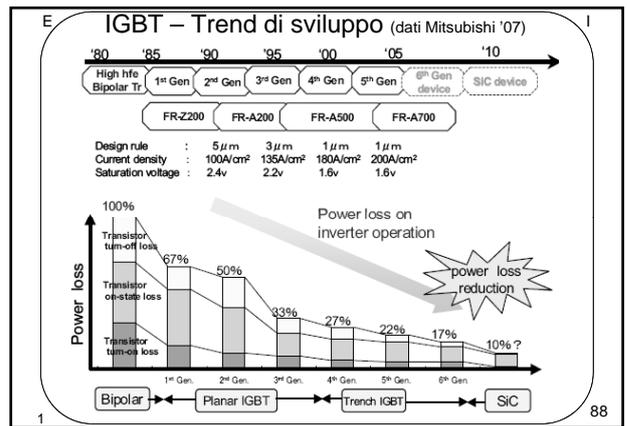
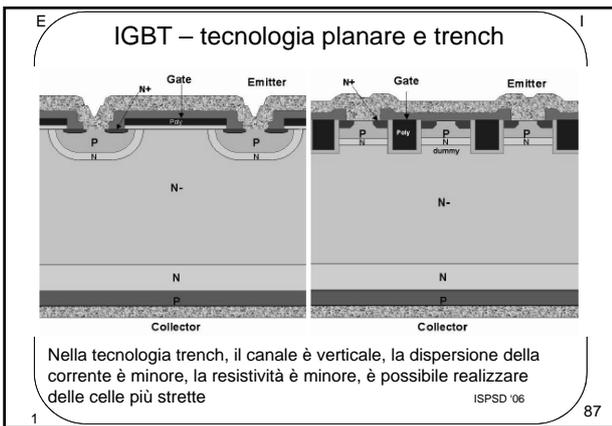
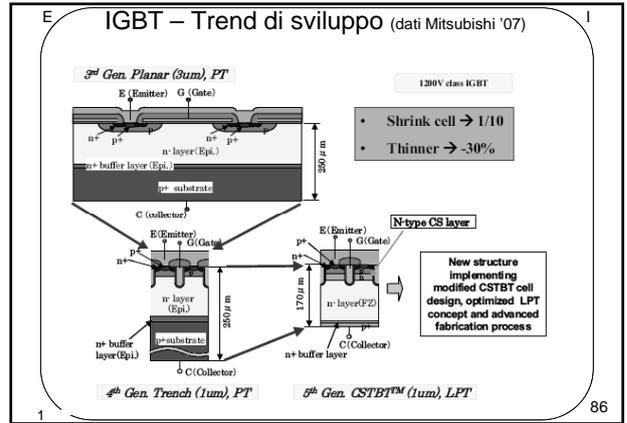
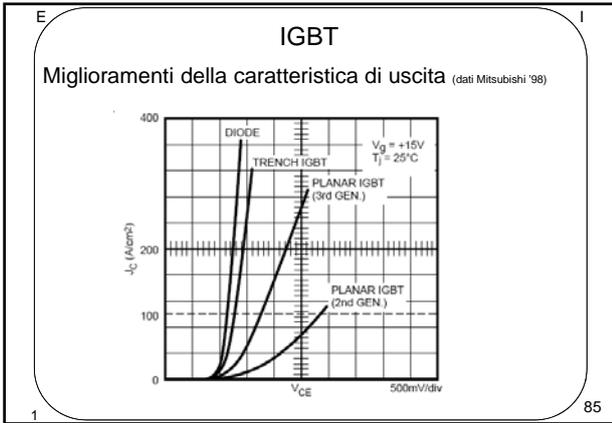


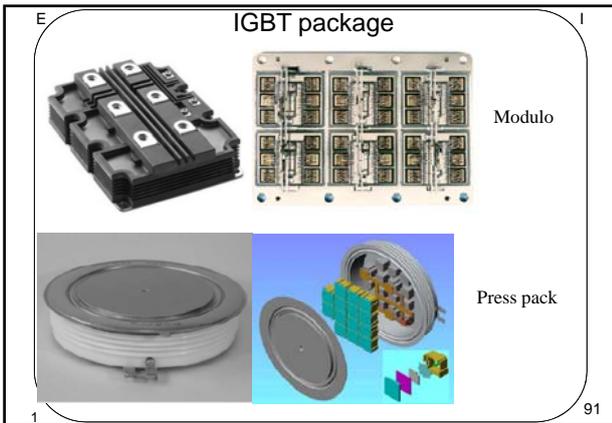


- L'IGBT è un dispositivo a conduzione "mista"
- Le caratteristiche di uscita sono determinate dal guadagno del PNP (bassa resistenza di uscita alle alte tensioni)
- Le caratteristiche di ingresso sono analoghe a quelle dei MOS di potenza (pilotaggio in tensione)









IGBT: Specifiche

Anche per gli IGBT si **specificano** tre tipi di dati: **limiti massimi assoluti (absolute maximum ratings)**, **caratteristiche (characteristics)**, **curve tipiche (typical performance curves)** (si vedano le definizioni date trattando dei diodi di potenza).

92

IGBT: Dati tecnici

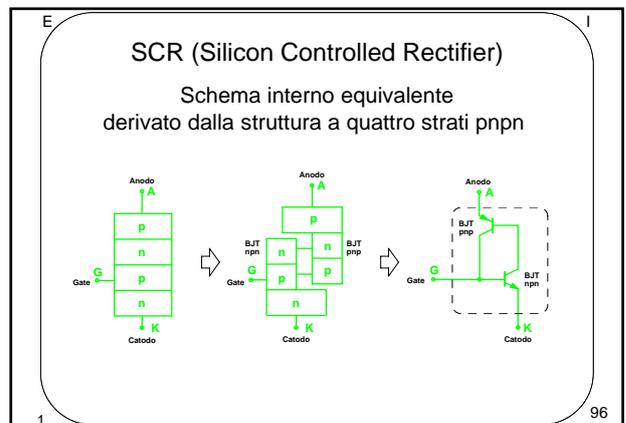
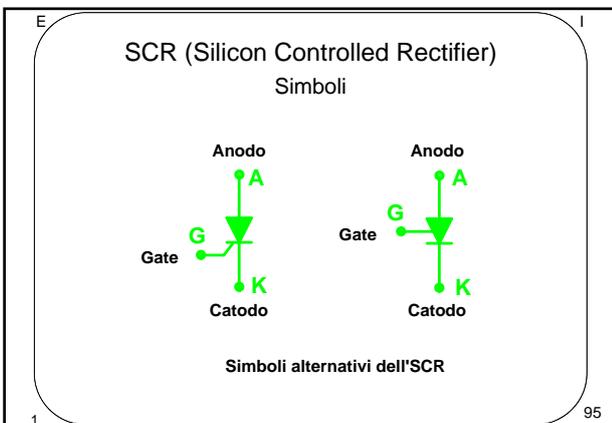
Per la spiegazione dei dati tecnici vedere il file

APPLYING IGBT

93

1.8 - SCR

94



SCR (Silicon Controlled Rectifier)
 Schema interno equivalente derivato dalla struttura a quattro strati pnpn

1 97

SCR (Silicon Controlled Rectifier)
 Caratteristiche statiche (I_A , V_{AK}) param. I_G

1 98

SCR (Silicon Controlled Rectifier)
 Circuito di prova per illustrare l'innescò ed il comportamento bistabile

1 99

SCR (Silicon Controlled Rectifier)
 Punti di equilibrio con $I_G = 0$

Con $I_G = 0$ vi sono due punti (P_1 e P_3) di equilibrio stabile ed uno (P_2) di equilibrio instabile

1 100

SCR (Silicon Controlled Rectifier)
 Condizione di interdizione P_3 ($I_G = 0$)

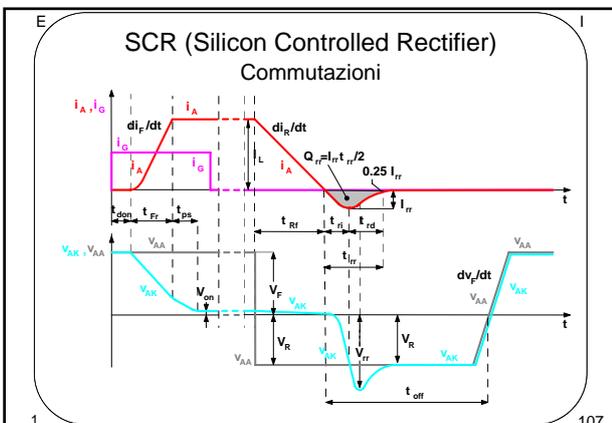
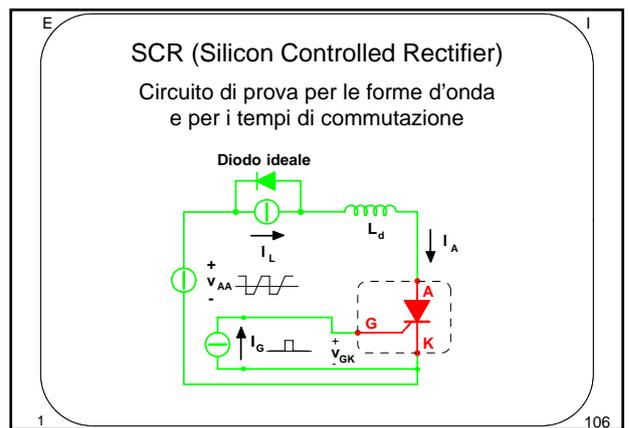
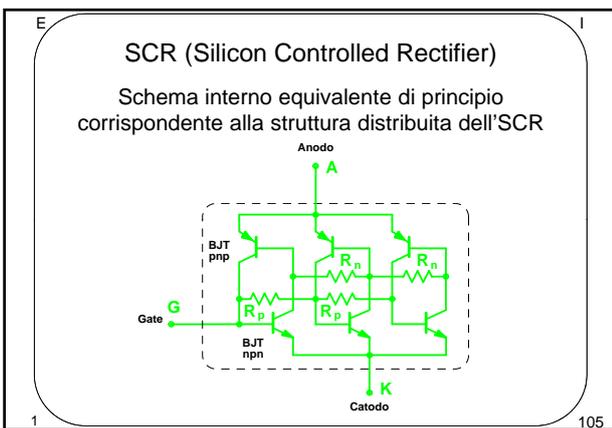
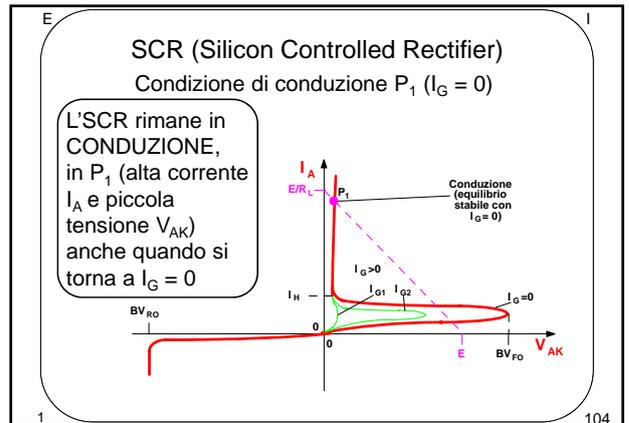
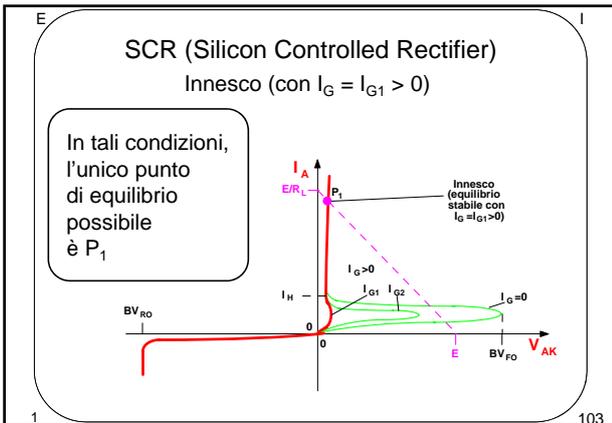
Il punto P_3 corrisponde alla **INTERDIZIONE** (alta tensione V_{AK} e piccola corrente I_A)

1 101

SCR (Silicon Controlled Rectifier)
 Innescò (con $I_G = I_{G1} > 0$)

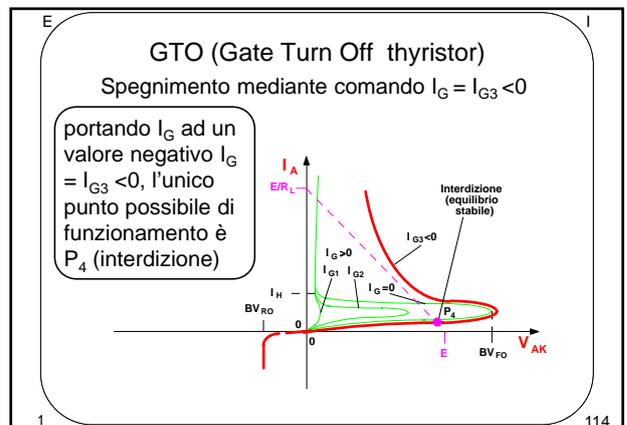
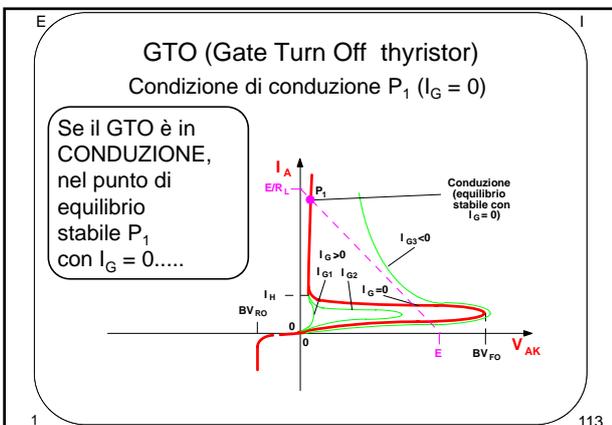
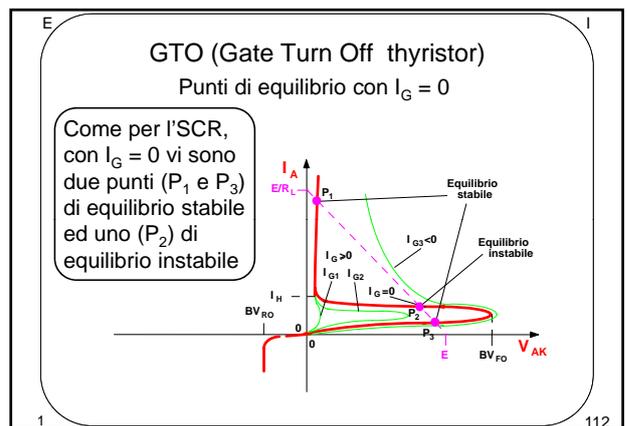
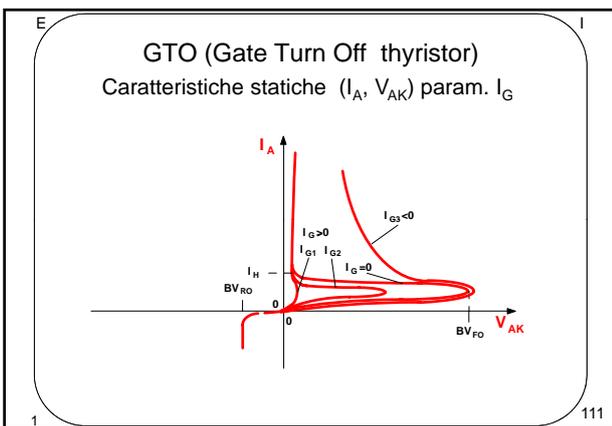
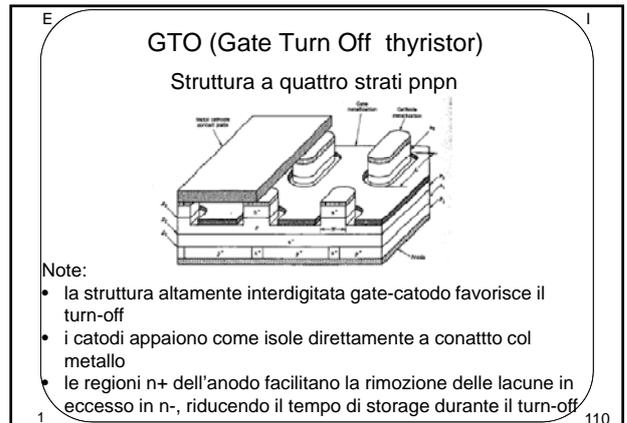
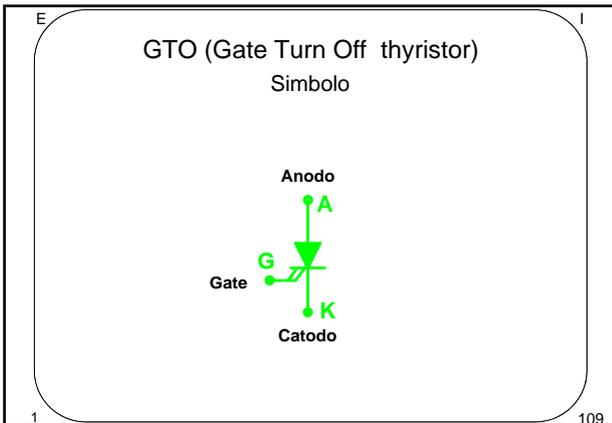
Per causare l'**INNESCO** dell'SCR si manda in gate una adeguata corrente $I_G > 0$ (ad es. I_{G1})

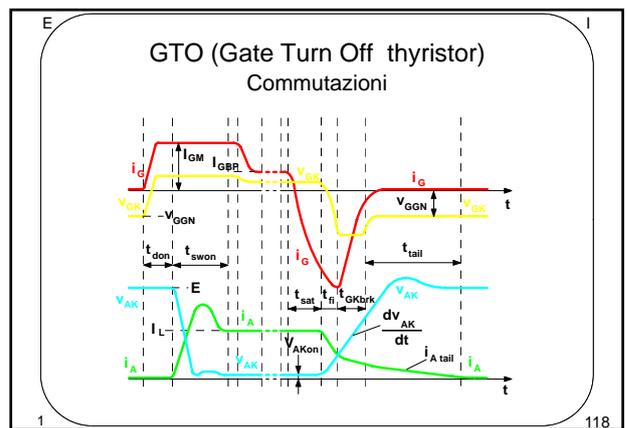
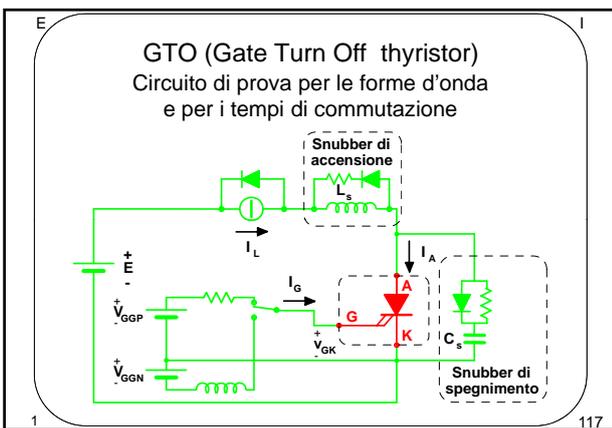
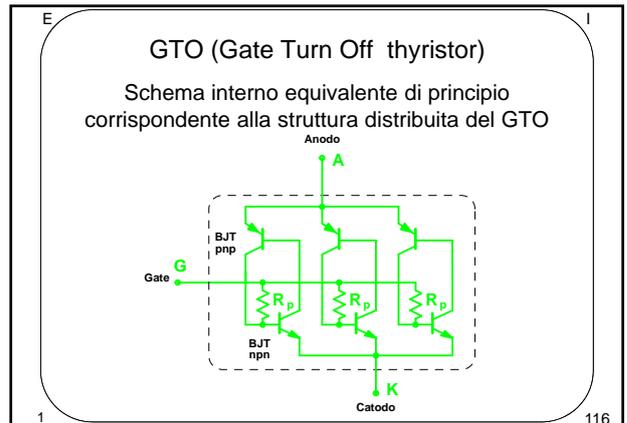
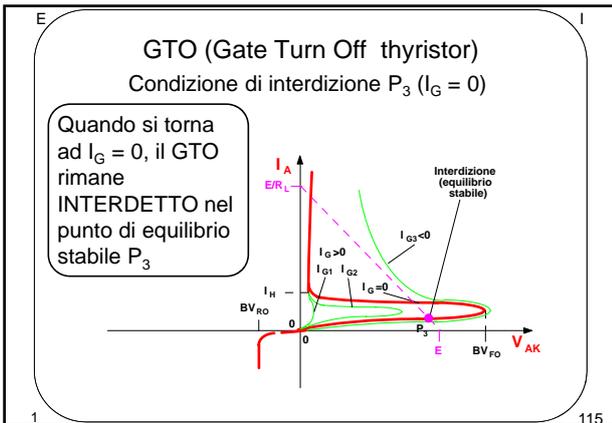
1 102



1.9 - GTO

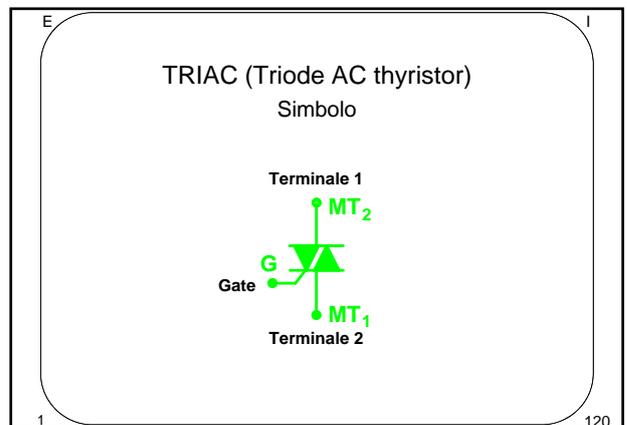
1 108

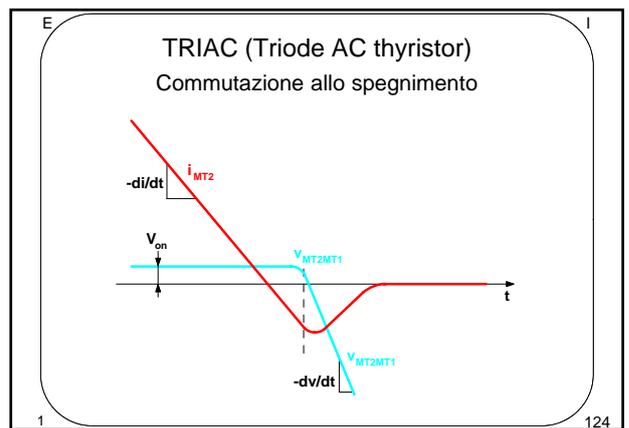
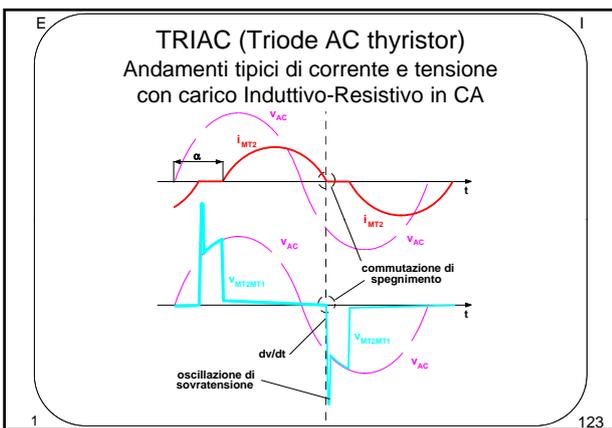
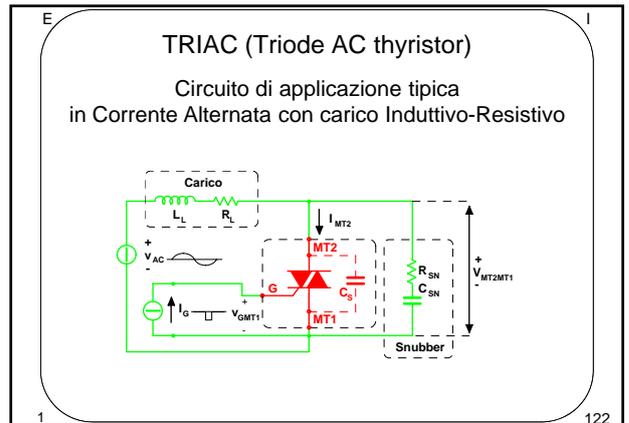
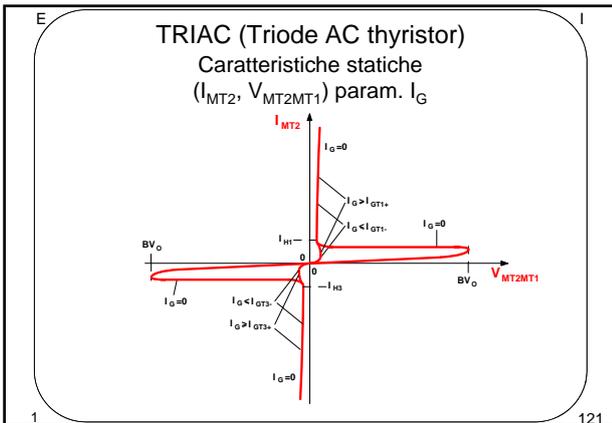




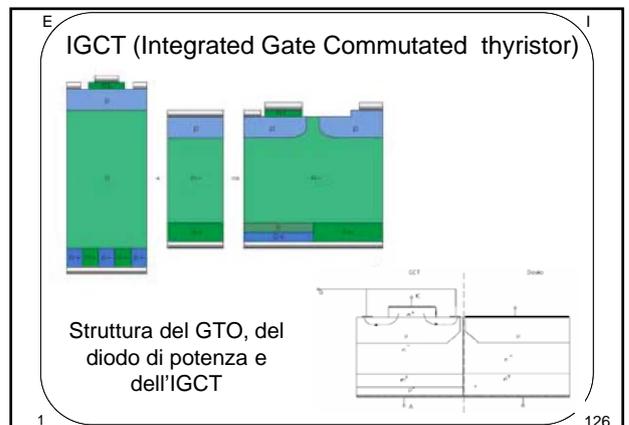
1.10 - TRIAC

1 119





1.10 - IGCT



IGCT (Integrated Gate Commutated thyristor)

Fig.1a Conducting GCT

Fig.1b Blocking GCT

Nello stato on, un GCT si comporta come un SCR o un GTO
 Nello stato off, la giunzione gate-catodo e' contropolarizzata, non e' interessata da circolazione di corrente che passa tutta attraverso il gate.

IGCT (Integrated Gate Commutated thyristor)

on-state (thyristor)

turn-off (transistor mode)

Fig.1- GCT-mode turn-off (two-transistor model)

Il tempo di storage e' fortemente ridotto
 La connessione serie di GCT e' piu' facile
 L'IGCT puo' spegnere alte correnti anche senza snubber

GTO structure IGCT structure

GTO structure

IGCT structure

Distribuzione del campo elettrico

Con l'anodo emettitore sottile, parte degli elettroni si ricombinano sulla superficie metallica di contatto senza generare lacune.

ABB '97

Turn-off Waveforms of GCT>O Thyristors

GCT
t_A = 2.5 μs

GTO
t_A = 25 μs

Note: flowing area of cathode current is illustrated two-dimensionally.

GCT

- Cathode electrode
- Mo plate
- Si element
- Gate electrodes
- Ceramic
- Mo plate
- Anode electrode

Perdite di conduzione

IGCT

IGBT

