

BJT O MOSFET NEI CIRCUITI DI ALIMENTAZIONE?

Paolo De Vittor

Spesso, soprattutto nelle applicazioni a bassa tensione, il confronto fra transistor bipolari e Mosfet non sempre è a favore di questi ultimi, soprattutto se si utilizzano i dispositivi più recenti

Come è noto ai progettisti, i BJT - prima dominatori incontrastati del mercato nelle applicazioni di potenza - hanno dovuto lasciare progressivamente il passo ai transistor Mosfet, caratterizzati da minori tempi di svuotamento nella fase di spegnimento, con conseguenti ridotte perdite di commutazione e quindi maggiori frequenze di lavoro nelle applicazioni switching, a tutto vantaggio non solo delle dimensioni dei dissipatori, ma anche dell'ingombro dei filtri passa-basso.

Mosfet: luci e ombre

I transistor Mosfet non offrono solo vantaggi ma presentano anche alcuni inconvenienti. Come è noto la resistenza di canale - sebbene sia stata ridotta oggi a poche decine di milliohm grazie alle strutture multicellulari - costituisce ancora un problema alle elevate corren-

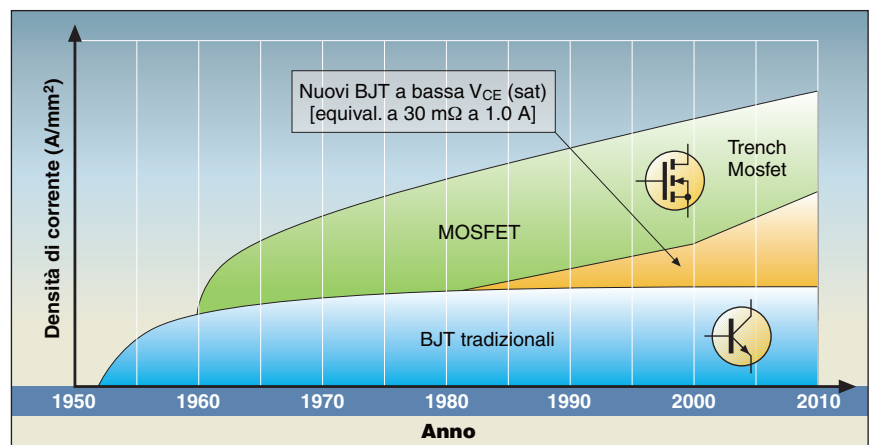
ti, cosa che porta a una dissipazione non trascurabile nella fase di conduzione che in parte annulla gli effetti dei ridotti tempi di commutazione. Inoltre, il vantaggio di disporre di uno switch pilotato in tensione viene vanificato dal fatto che, alle elevate frequenze di lavoro oggi utilizzate (vari Megahertz), la presenza di una consistente componente capacitiva sul gate del Mosfet fa sì che le correnti di pilotaggio divengano paragonabili a quelle necessarie per pilotare un transistor bipolare.

Nelle applicazioni switching a elevata corrente i progettisti si debbono quindi porre l'alternativa fra l'impiego dei

Mosfet o dei BJT come switch esterni ai regolatori integrati.

ON Semiconductor, a questo proposito, ha pubblicato recentemente alcune note applicative proprio su questo tema, con l'obiettivo di analizzare le problematiche relative proprio alla riduzione della potenza dissipata, soprattutto alla luce delle nuove famiglie di transistor bipolari caratterizzati da valori di tensione di saturazione $V_{CE(sat)}$ decisamente contenuti, e che si pongono quindi come interessante alternativa alle soluzioni a Mosfet. Infatti - come si può vedere dal grafico di figura 1 - le famiglie di transistor bipolari di recente produzione sono

Fig. 1 - I transistor bipolari di recente produzione sono in grado di operare a densità di corrente che si avvicinano a quelle dei transistor Mosfet, con valori di resistenza interna equivalente decisamente ridotti



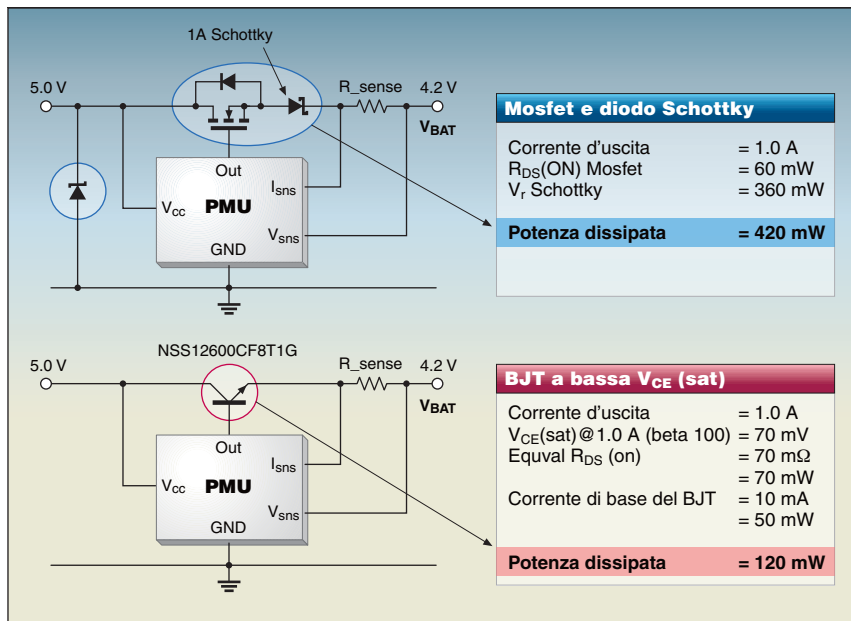
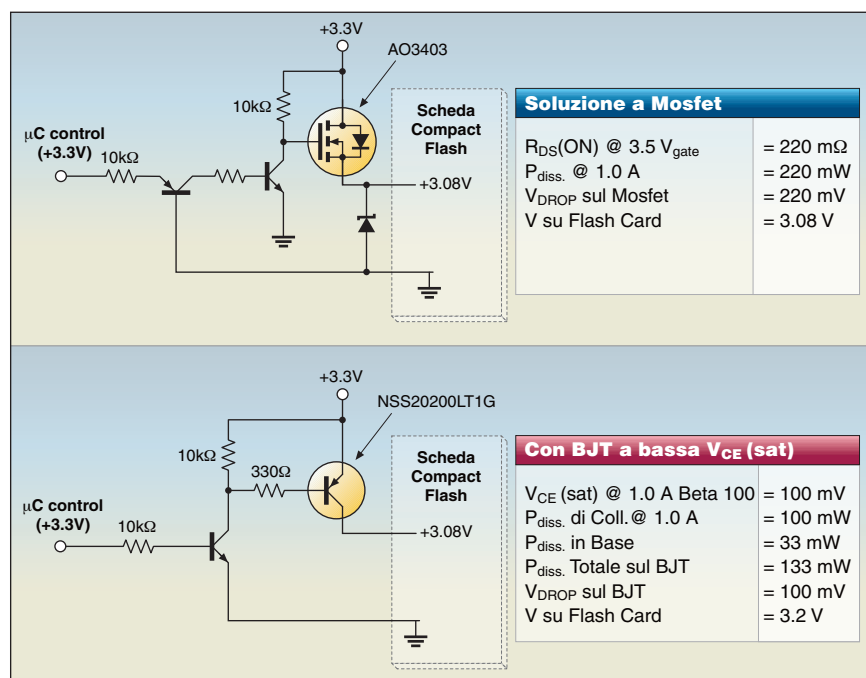


Fig. 2 - Valori di potenza dissipata nel circuito di carica di una batteria nel caso in cui si impieghi un BJT anziché un Mosfet

Fig. 3 - Nell'alimentare schede Compact Flash l'impiego di un transistor bipolare permette di aumentare la tensione di lavoro

in grado di operare a densità di corrente che si avvicinano molto a quelle dei transistor Mosfet, con valori di resistenza interna equivalente in conduzione (data dal rapporto fra tensione di saturazione e corrente) concorrenziali con quelle dei Mosfet. Proprio per effettuare un confronto fra BJT e Mosfet, la nota applicativa di ON Semiconductor analizza le più comuni topologie di circuiti di alimentazione.



Caricabatteria

Il primo esempio fornito è quello di un tipico circuito di carica di una batteria da 4,2 Volt a 1,0 Ampere partendo da una tensione di 5,0 V.

Normalmente in questi circuiti si utilizza un transistor Mosfet che però - a causa del diodo interno di substrato - richiede l'aggiunta di un diodo Schottky in serie, per evitare la scarica della batteria nel caso in cui non sia presente la tensione d'ingresso (Fig. 2). Se si utilizza un Mosfet da 60 mΩ di $R_{DS(on)}$ e un diodo Schottky da 360 mV a 1 A, si può calcolare facilmente che la dissipazione dei due elementi-serie diviene di 420 milliwatt.

Nel caso invece in cui si sostituisca il Mosfet con un BJT di nuova generazione quale ad esempio l'NSS12600CF8T1G, si ha una dissipazione di soli 120 mW, con un risparmio di ben 300 mW. Si noti che il vantaggio è derivato sostanzialmente dall'eliminazione del diodo Schottky (che da solo dissipa 360 mW).

Nel conteggio si è tenuto conto anche della potenza richiesta per il pilotaggio del BJT, fattore trascurabile nel caso del Mosfet. Con il transistor bipolare, inoltre, può essere eliminato il diodo di limitazione delle sovratensioni, grazie al fatto che i BJT sono ampiamente tolleranti nei confronti delle scariche elettrostatiche ESD, mentre i Mosfet sono piuttosto delicati da questo punto di vista. La possibilità di eliminare il diodo Schottky e il diodo Zener permette inoltre di ridurre il numero dei componenti, contenendo quindi l'ingombro e il costo della sezione di alimentazione.

Alimentazioni a basso drop-out

Anche nel caso in cui sia necessario alimentare le schede Compact Flash (CF) partendo da un'alimentazione di 3,3 V, la nota applicativa di ON Semiconductor evidenzia come sostituendo il Mosfet di regolazione con un BJT a bassa $V_{CE(sat)}$ si ottiene un incremento della tensione d'uscita. Come si può vedere

TABELLA 1 - DIFFERENZE FRA BJT E MOSFET IN RELAZIONE AI PARAMETRI PIÙ IMPORTANTI

Parametro	BJT	MOSFET
Vce-sat / Rds-on	bassa in saturazione, con pilotaggio in corrente	richiede elevata Vgs per ottenere la piena conduzione
Capacità di blocco	bidirezionale	unidirezionale, richiede diodo Schottky in serie
Corrente di picco	elevata	buona
Tensione di pilotaggio	meno di 1V	da 2v a 10v a seconda del progetto
Corrente di pilotaggio	media	bassa
Velocità di commutazione	bassa in saturazione elevata in zona lineare	elevata
Sensibilità alle ESD	bassa	elevata
Costo	basso	medio
Commutazione correnti elevate	media	ottima
Commutazione tensioni elevate	ottima	ottima
Commutazione basse tensioni	ottima	scarsa

dagli schemi di figura 3 nel caso in cui si utilizzi un transistor Mosfet la caduta di tensione risulta essere di 220 mV, con una tensione effettiva sulla scheda CF di soli 3,08 Volt.

Passando a una soluzione a BJT il circuito si semplifica, viene ridotta la potenza dissipata (da 220 a 133 mW) e soprattutto si ottiene una tensione più elevata per alimentare la scheda a Compact Flash, che passa da 3,08 V a 3,2 Volt. Si noti inoltre la possibilità di eliminare il diodo Zener di limitazione, necessario nel caso del Mosfet ma non

con il BJT. Si noti inoltre che la riduzione della potenza dissipata va a tutto vantaggio della maggior durata della batteria nelle applicazioni portatili, ormai estremamente diffuse.

La medesima nota applicativa mette altresì a confronto due soluzioni (una a Mosfet e l'altra a BJT) utilizzabili per i circuiti di protezione contro le sovratensioni, evidenziando la minor complessità di soluzioni basate su transistor bipolari a bassa $V_{CE(sat)}$ senza penalizzare la velocità di commutazione, a patto di inserire un diodo a recupero veloce.

Altri utili confronti possono essere fatti analizzando i circuiti switching di alimentazione che debbono utilizzare transistor esterni, come ad esempio i circuiti di regolazione della corrente di alimentazione dei LED bianchi. Nelle topologie di tipo buck/boost, il ricorso ai transistor bipolari permette di contenere la dissipazione (si vedano a tal proposito le note applicative AN920, AN954 e AND8284 reperibili sul sito di ON Semiconductor).

Nei circuiti di alimentazione l'area occupata dal transistor di potenza - e ciò vale sia se realizzati on-chip sia esternamente a livello discreto - riveste una quota non trascurabile dell'intero circuito di gestione dell'alimentazione, e con la progressiva miniaturizzazione degli integrati PMU di controllo (Fig. 4) ha in pratica triplicato l'ingombro sul circuito stampato nonché il costo del dispositivo stesso, in quanto - a parità di corrente gestita - l'area di silicio del transistor è rimasta invariata.

Il vantaggio della bassa $V_{CE(sat)}$

Il motivo di fondo che spiega i vantaggi analizzati è da ricercare sostanzialmente nel fatto che i Mosfet, nonostante i bassi valori di resistenza di conduzione $R_{DS(on)}$ oggi raggiunti, quando operano nella metà superiore del limite di cor-

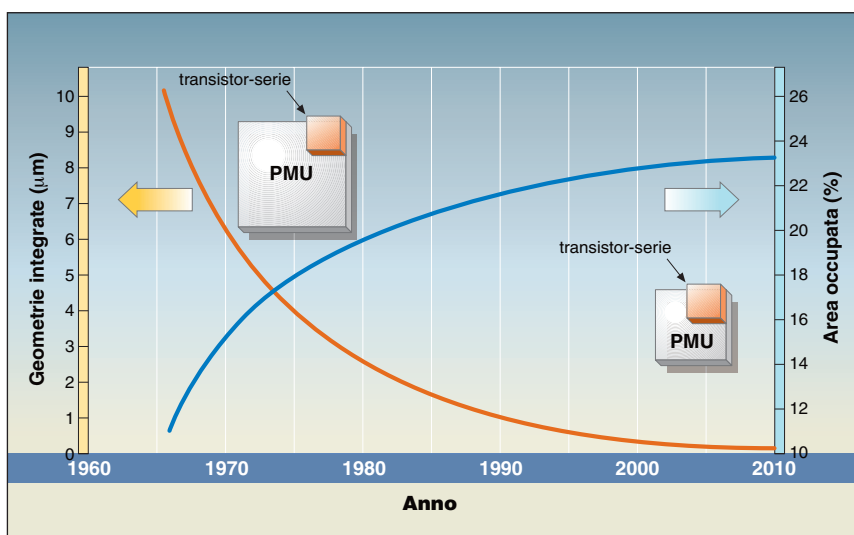
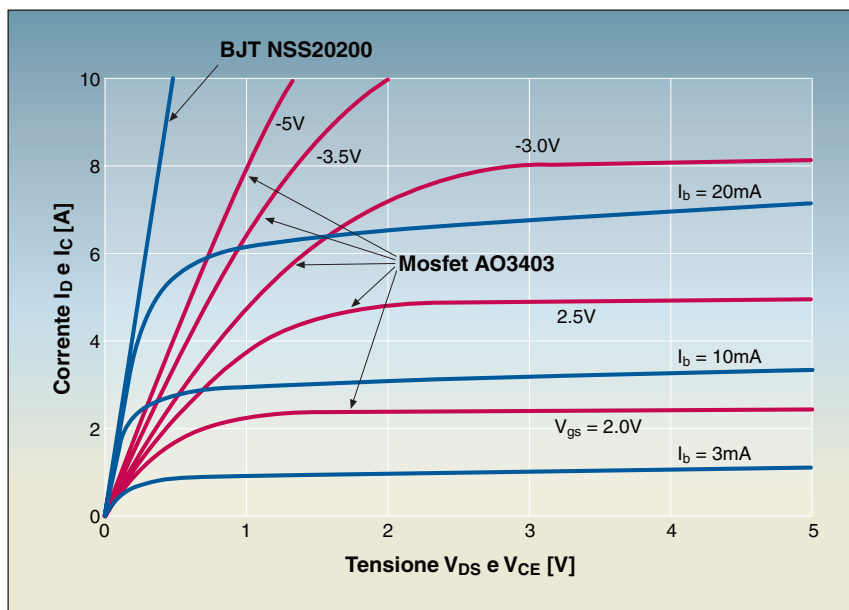


Fig. 4 - Evoluzione del rapporto fra area del transistor-serie di regolazione e dell'unità di gestione dell'alimentazione in un tipico sistema

Fig. 5 - Confronto fra le caratteristiche d'uscita di un Mosfet e di un BJT di bassa tensione ed elevata corrente

rente evidenziano cadute di conduzione non trascurabili, che sono più elevate dei corrispondenti transistor bipolari di analoga tensione e corrente massima. Si confrontino ad esempio le caratteristiche di uscita dei due transistor utilizzati negli schemi di figura 3, il Mosfet AO3403 e il BJT NSS20200, il primo da 30V/2,6A e il secondo da 20V/4A, entrambi disponibili in package TO-236 (SOT-23). Come si può vedere dal grafico di figura 5, confrontando per sovrapposizione le caratteristiche di uscita dei due transistor, si può notare come le curve a V_{gs} costante del Mosfet risultino decisamente più spostate verso destra rispetto alle curve a I_b costante del BJT.



Ciò significa che, a pari corrente di lavoro, la caduta di tensione sul Mosfet risulta più elevata che sul BJT, nonostante il basso valore di $R_{DS(on)}$. Riportando infatti in grafico i soli valori

della tensione di on-state ai capi dei due dispositivi (Fig. 6) si può notare che il Mosfet AO3403, anche utilizzando una tensione di gate di 5V - non disponibile negli odierni sistemi portatili a bassa

Guardare al futuro. Pensando al presente

Componenti per elettronica industriale automazione e telecomunicazioni

CVILUX Corporation, punto di riferimento per il mondo della connessione, propone sul mercato italiano le nuove gamme di connettori conformi alla normativa IEC60335-1 4° Edizione (Glow Wire Test).

Si tratta di:

- Serie CP: Connettori di potenza Wire to Board
- Serie CI: Connettori wire to board passo 4,2 mm

che si affiancano alla già consolidata gamma:

- Serie CF connettori ZIF/LIF
- Serie CB board to board

- Serie CA perforazione d'isolante
- Serie CU USB
- Serie CD d-sub
- Serie CS zoccoli DIL e PLCC
- Serie CH pin headers

Richiedete il catalogo dettagliato!



SGE - SYSCOM

Componenti per Elettronica Industriale Automazione e Telecomunicazioni
Via M. Gran Sasso, 35 I-20092 Cinisello Balsamo (MI)
T. +39 02 617 90.1 F. +39 02 611 199 info@sge-syscom.com
readerservice.it n.20803 www.sge-syscom.com



Certificate Number
Q9612
Sede di Milano

Partnership & Qualità

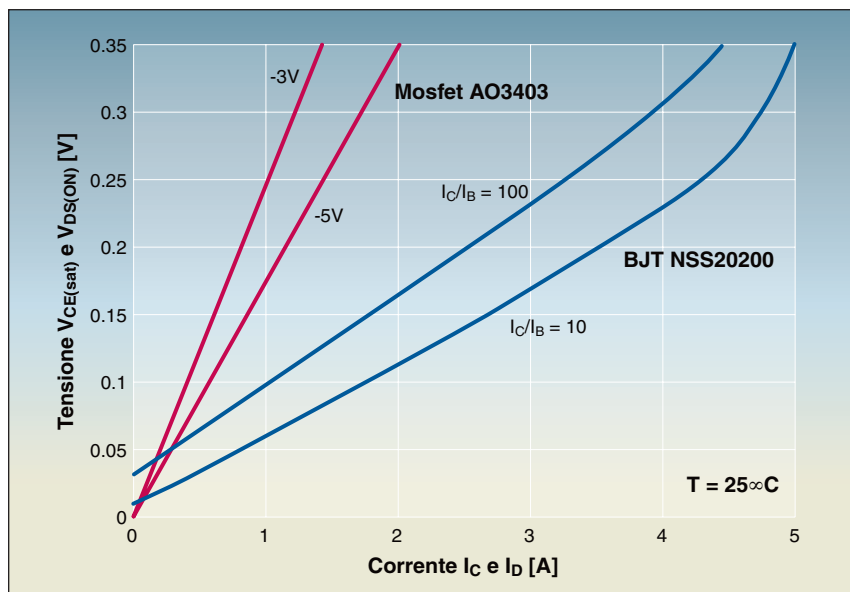


Fig. 6 - Confronto fra le cadute di tensione ai capi del Mosfet e del BJT dello schema delle figure 2 e 3 in fase di conduzione

tensione - presenta una caduta di 170mV a 1A, che a 3V sale a 250mV. Il BJT NSS20200 invece presenta una $V_{CE(sat)}$ di soli 60 mV a 1A, e supera i 250mV solo oltre i 4°. Questo se si utilizza un guadagno "forzato" I_C/I_B di 10 (sovrasaturazione), mentre se ci si accontenta di un guadagno di 100 la $V_{CE(sat)}$ a 1A sale a 100mV, che è comunque meno della metà rispetto al Mosfet, a tutto vantaggio della dissipazione e della idealità dei livelli di tensione nei sistemi operanti a batteria.

Una tecnologia particolare

Per ottenere una bassa tensione di saturazione $V_{CE(sat)}$ si ricorre a una tecnologia differente da quella normalmente utilizzata, ovvero una struttura concentrica (per i transistor di bassa corrente più economici) o interdigitata classica. Nelle foto riportate in figura 7 infatti si possono vedere le foto dei chip di due tipi di transistor: il primo classico (ma già con la diffusione di emettitore che circonda completamente la base) e il secondo a struttura interdigitata, che garantisce un più intimo contatto fra le zone di base e di emettitore e permette una migliore iniezione di portatori in base con conseguenti minori resistenze serie e una maggior uniformità di corrente attorno alla zona di emettitore.

Per ottenere invece una tensione di saturazione più ridotta anche a elevata corrente occorre però modificare ulte-

riormente la struttura, sfruttando un'idea già implementata da vari costruttori parecchi anni orsono, che va sotto il nome di "perforated emitter", visibile in figura 8 nella realizzazione di ON Semiconductor, dove delle "dita" collegano l'emettitore a una serie di fori nel chip. Ogni perforazione crea dei "mini-transistor" che operano in parallelo, permettendo così di distribuire più uniformemente la corrente e di minimizzare eventuali surriscaldamenti localizzati, potenzialmente molto pericolosi in quanto potrebbero portare il BJT in rapida deriva termica.

Il tutto - abbinato a ulteriori ottimizzazioni quali ad esempio il corretto distanziamento dei "plug" di emettitore, dello spessore della base e della resistività del

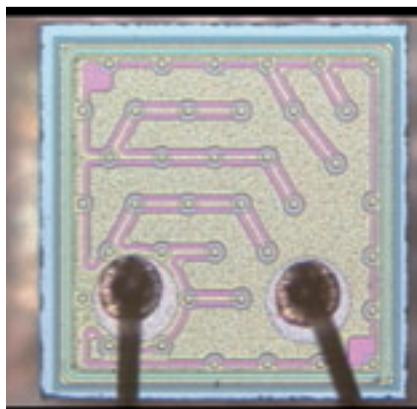


Fig. 8 - Foto del chip di un transistor in tecnologia "perforated emitter" di ON Semiconductor

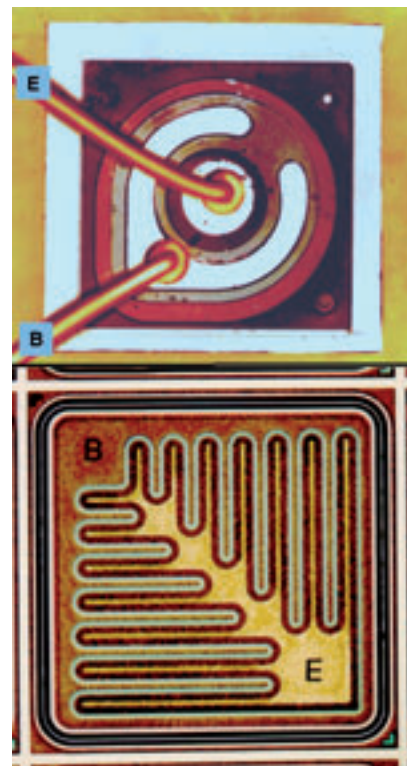


Fig. 7 - Layout tipico di due transistor bipolari: a struttura concentrica e di tipo interdigitato

substrato - porta ad un aumento del guadagno di corrente, un incremento dell'area operativa di sicurezza (assenza di secondo breakdown) e a una riduzione della tensione di saturazione.

ON Semiconductor ha a catalogo tutta una serie di transistor bipolari sia PNP sia NPN realizzati con questa tecnica, e a questa famiglia di dispositivi è stato dato il nome di e²PowerEdge, dove "e²" sta per "Economic Energy".

La famiglia comprende BJT che vanno da 12V/1A fino a 60V/6A, tutti in package per montaggio superficiale (Fig. 9) con una potenza dissipabile che può raggiungere gli 0,8 Watt con un'area di rame da 8 mm² su FR-4. Per alcuni di questi transistor la $V_{CE(sat)}$



Fig. 9 - Uno dei package per montaggio superficiale utilizzati da ON Semiconductor per i transistor a bassa tensione di saturazione

è di soli 45 mV a 1,0 A, il che equivale a una resistenza di conduzione (analoga alla $R_{DS(on)}$ di un Mosfet) di soli 45 milliohm, difficile da riscontrare in un Mosfet in SOT-23 o anche solo in un SOT-223.

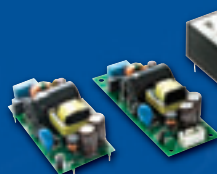
Emettitore perforato

Il fatto di realizzare una struttura di emettitore "perforata" da zone di base permette di massimizzare sia il rapporto perimetro/area dell'emettitore sia la superficie di contatto fra base ed emettitore, in modo da aumentare il guadagno di corrente e renderlo molto più lineare al variare della corrente di lavoro, ciò che non è possibile con le strutture classiche.

L'idea è in sostanza quella di realizzare un certo numero di mini-transistor in parallelo, in modo da raggiungere gli stessi vantaggi che si ottengono negli schemi di potenza (audio, controllo motori, e così via) con dispositivi di elevata corrente, con l'obiettivo di ridurre la caduta di tensione in conduzione e minimizzare i tempi di commutazione.

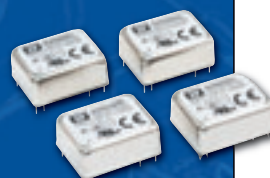
Un'idea del genere era già stata utilizzata parecchi anni fa - anche se con geometrie differenti - con gli "overlay transistor" utilizzati negli stadi finali dei ponti per radiofrequenza. Queste strutture vengono denominate "overlay" proprio poiché costituite da un elevato numero di transistor realizzati entro il medesimo substrato e interconnessi da metallizzazioni "a ponte" isolate dall'ossido di silicio, in maniera analoga a quanto oggi si fa nei transistor Mosfet, che sono ormai tutti di tipo "multicellulare", proprio poiché più dispositivi in parallelo evidenziano prestazioni decisamente superiori a quelle di un solo dispositivo.

Nuovi Alimentatori Medicali e Industriali da XP Power



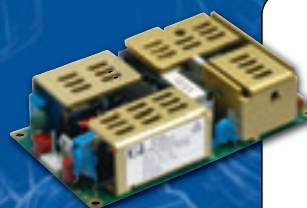
ECL Alimentatore AC-DC miniaturizzato da 10-25W

- Dimensioni ultracompatte da 51x25 mm
- Uscite singole da 3.3 V to 48 V
- Montaggio da PCB Open Frame e Incapsulato
- Classe II
- 130% di picco per 30sec.



JCA DC/DC converters ultra-compatti da 2W a 6 W Contenitore metallico

- Dimensioni 25.4 x 20.3 mm (1.0" x 0.8")
- Pinout standard
- Range d'Ingresso 2:1
- Singola e Doppia uscita
- Temperatura Operativa -40 °C to +100 °C



ECM100 Il più piccolo AC/DC da 100W al mondo

- Alimentatore da 100 W in soli 114x64x31 mm
- Open frame con ventilazione naturale
- Certificazioni Industriali & Medicali
- Certificati in Classe I e II
- Uscite Singole, Doppie, Triple & Quaduple



fleXPower Configurazioni custom

- Da 400 a 2400 Watts
- Certificazioni Industriali & Medicali
- Conforme alla Semi F47
- Tensioni d'uscita da 2 a 60 VDC
- Interfaccia logica avanzata

XP MIELTEC
XP Power

Mieltec XP Power Srl

Via Volturmo, 37
20047 Brugherio (MI)
Italy

Phone : 039 2876027

Fax : 039 2871507

Email : venditamt@mieltec.com