

Il fenomeno del load dump nel settore automotive

Un fenomeno sempre più rilevante con l'aumento dell'impiego dell'elettronica sulle auto

Enrico Denna
Hardware Design manager
Digicom

Una problematica che influenza particolarmente l'elettronica utilizzata in presenza di carichi induttivi è la protezione contro gli impulsi, a volte anche molto consistenti, che questi carichi generano quando vengono polarizzati e depolarizzati. Come è noto, grosse bobine, induttanze o induttori generano spesso degli impulsi energetici molto elevati sia in termini di picco di tensione sia di energia contenuta. Una delle cause di impulsi provenienti da carichi induttivi è l'improvvisa scarica dell'energia in essi presente dovuta al distacco dell'alimentazione primaria, che trasforma, quindi, l'induttore in un generatore che si scarica bruscamente verso il resto dell'elettronica divenuta puramente resistiva. Questo impulso prende il nome di "load dump" e può essere particolarmente dannoso a un'elettronica non adeguatamente protetta. L'impiego dei carichi induttivi è frequente in ambiente industriale; basti pensare ai servomotori, ai teleruttori o agli indotti. Un altro settore dove il problema è ancora più considerato, è quello automobilistico, dove negli ultimi anni la crescita più che proporzionale dell'elettronica impiegata a bordo dei veicoli ha fatto considerare la problematica del load dump sempre con maggiore interesse, tanto che ci sono ormai delle normative che se ne occupano direttamente. In particolare, le direttive automotive



2006/28/CE e 95/56/CEE che rimandano alla normativa ISO 7637-2:2004, stabiliscono che una scheda elettronica applicata a bordo di un veicolo deve essere in grado di sopportare una serie di impulsi, applicati con un opportuno banco di prova, per testare la sua resistenza a questo impulso, sia sui morsetti di alimentazione sia sugli ingressi o uscite direttamente collegabili alla batteria dell'auto. Nel paragrafo 5.6 è regolamentato il load dump, con la descrizione di quali schede sono soggette a quest'impulso, come si applica e quali sono i requisiti.

Cause dell'impulso di load dump e sua classificazione

Di seguito verrà descritto nei dettagli l'impulso del load dump e sarà spiegato perché si verifica a bordo di un'auto. Come è noto, tutte le auto sono equipaggiate con un alternatore che genera corrente elettrica al veicolo durante il movimento, grazie alla trasmissione dell'albero motore. Questo alternatore non è altro che una grossa bobina che si carica di molta energia. Durante la marcia del veicolo, ma anche a veicolo fermo e motore spento, l'alternatore si trova carico di energia proprio perché la batteria, mantenendo i 12V nominali ai suoi capi, gli impedisce di scaricarsi. Potrebbe però succedere che se la batteria venisse scollegata per questioni di manutenzione o altro, l'alternatore scarichi di colpo la sua energia sui carichi passivi del veicolo stesso, tra cui le schede elettroniche di cui l'auto è dotata.

Secondo la normativa ISO le schede da installare su auto sia di primo impianto sia di after-

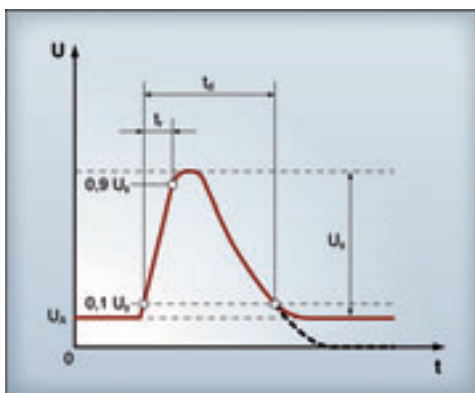


Fig. 1 - Impulso di load dump per carichi non protetti classificato come 5a secondo la normativa ISO7637

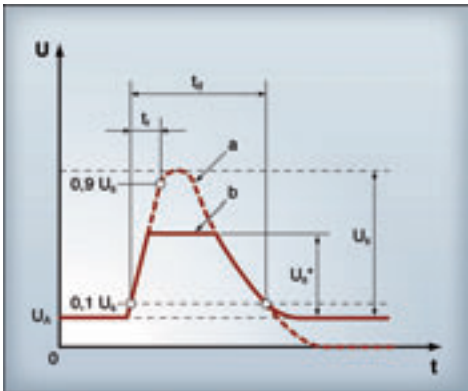


Fig. 2 - Impulso di load dump per carichi protetti classificato come 5b secondo la normativa ISO7637

market (ovvero schede applicate su un veicolo dopo che questo è stato già messo sul mercato), come gli antifurti satellitari, devono superare 5 impulsi di load dump intervallati tra loro da 1 minuto.

L'impulso di load dump è stato determinato statisticamente e suddiviso in due categorie chiamate impulso 5a e 5b; questa suddivisione è stata fatta in quanto esistono sul mercato dei carichi induttivi dotati di soppressore interno che limitano già l'impulso ad un valore massimo, contenendo quindi il fenomeno di load dump. L'andamento dell'impulso 5a, (quello generabile da carichi non protetti) è rappresentato in figura 1. Si tratta di un impulso sovrapposto alla tensione di alimentazione della scheda (U_s) che in 10 ms raggiunge un valore massimo di 87V e si esaurisce in un tempo massimo di 400ms per veicoli alimentati da batteria a 12V, mentre dove si impiegano batterie a 24V, come camion o macchine operatrici, l'impulso raggiunge un massimo di 174V e si esaurisce entro 350ms. La figura 2 mostra l'impulso 5b generato da carichi induttivi dotati di soppressore interno, dove l'impulso viene limitato alla tensione U_{s^*} stabilita dal costruttore (generalmente il valor medio presente in questi motori dotati di soppressore, considerato valido dalla maggior parte degli enti di certificazione, è di 40V, salvo diversa specificazione). L'energia contenuta da un impulso di questo tipo è data dall'in-

tegrazione nel tempo dell'impulso di tensione, secondo la formula:

$$E = \frac{1}{2} \int_0^{t_r} \frac{V^2}{R} dt$$

dove R è la resistenza del generatore dell'impulso del load dump. Questo valore è stato anch'esso determinato statisticamente e si è definita una resistenza minima di 0,5 Ω per le apparecchiature a 12V e 1 Ω per le apparecchiature a 24V; il banco di applicazione dell'impulso secondo la normativa è schematizzato in figura 3. Come generatore si impiegano generatori specifici di impulso, tipico è il PG2800 della Hilo Test (Fig. 4), oppure lo Schaffner NSG506C.

Metodi di protezione impieganti limitatori di tensione

Un impulso di load dump potrebbe causare danni alle schede elettroniche per due motivi principali: il primo è la sovratensione mentre il secondo è la dissipazione di potenza. Infatti, l'impulso descritto raggiunge un picco pari a 87V o 174V che potrebbe mandare in breakdown dei transistor o dei chip di ali-

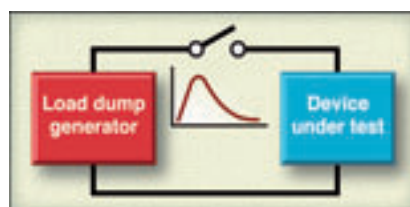


Fig. 3 - Banco di applicazione dell'impulso di Load Dump secondo la normativa ISO7637

Fig. 4 - Load dump Generator PG2800 (Hilo test)



mentazione come gli switching, che di solito si trovano all'ingresso dei morsetti di alimentazione di una scheda. Per ovviare a questi impulsi si potrebbe pensare di proteggere la scheda tramite dei soppressori di tensione come i varistori o i trisil, che limitano a una tensione massima l'impulso in ingresso proteggendo l'elettronica interna; per esempio, se si avesse un circuito switching che sopporta una tensione massima di 30 V in ingresso, si potrebbe pensare di inserire un limitatore a 20V in modo da evitare che l'impulso di load dump arrivi in ingresso al circuito di alimentazione superando i suoi range di tensione. Un componente tipico è l'LDP24A, studiato appositamente da STMicroelectronics per questo scopo.

Questo è un primo modo per proteggere la scheda. Occorre però considerare che tutta l'energia accumulata nell'impulso deve essere dissipata da questa protezione che, dovendo dissipare una grande percentuale di energia, può risultare molto ingombrante - LDP24A ha un diametro di 9 mm per 9 mm di lunghezza e si trova solo in package ad inserzione - (Fig. 5).

Metodi di protezione per evitare la propagazione dell'impulso nella scheda elettronica

Un metodo più efficiente per proteggere una scheda dal load dump si basa su un principio diverso, ovvero quello di non far entrare l'impulso nella scheda lasciandolo esaurire all'esterno, anziché farlo dissipare su una protezione interna. Chiaramente ne risulta un circuito elettrico più complesso e in parte più critico, ma il suo principio è semplice e se si esamina lo schema a blocchi di figura 6 se ne capirà facilmente il funzionamento: la scheda elettronica presenta, subito in ingresso al connettore di alimentazione, un circuito in grado di rilevare il picco di tensione e un interruttore comandato. Finché la tensione rimane al di sotto di un valore prefissato, l'interruttore comandato resta chiuso, consentendo l'alimentazione normale della scheda; quando la tensione sale

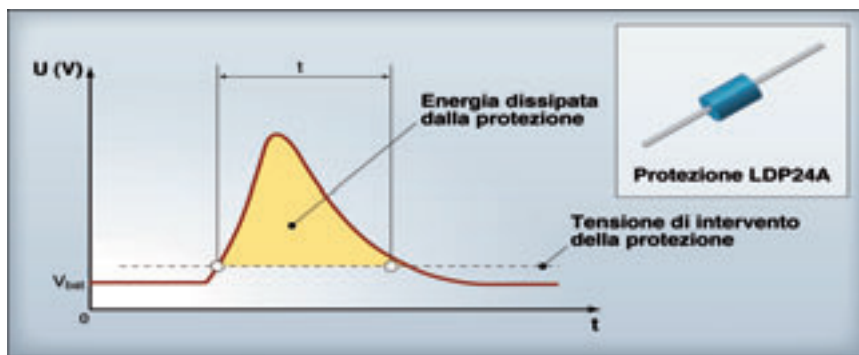


Fig. 5 - Sistema di intervento della protezione LDP24A

al di sopra di un valore considerato critico, il rivelatore di picco interviene, aprendo l'interruttore e impedendo all'impulso di propagarsi all'interno della scheda. In questo modo l'energia dell'impulso non viene dissipata da un componente che può risultare ingombrante, ma viene bloccata all'esterno. L'efficacia di un circuito di questo tipo risiede chiaramente nel suo tempo di intervento, in quanto, prima viene riconosciuto l'impulso pericoloso, prima il circuito interviene e minore è la quantità di energia che riuscirà comunque per una frazione di tempo a entrare nella scheda. È necessario quindi realizzare un interruttore comandato che abbia un tempo di risposta molto rapido; a seconda del carico della scheda, sarà inoltre necessario che questo interruttore presenti una bassa resistenza di conduzione e ovviamente occorrerà anche considerare il fatto che nel momento in cui l'interruttore viene aperto, dovrà essere in grado di sostenere la massima tensione raggiungibile dall'impulso di load dump. Considerati questi elementi, si deduce facilmente che la scelta migliore per realizzare questo interruttore è di impiegare un MOSFET. Infatti un transistor di questo tipo presenta un tempo di intervento nell'ordine dei μs , una R_{DSon} che può essere nell'ordine di qualche centinaio di $\text{m}\Omega$ e, in package non troppo voluminosi, può sostenere una tensione di qualche centinaio di volt. Ad esempio, il transistor FQU7P20 presenta una V_{DSmax} di 200 V, una $R_{\text{DSon max}}$ di $0,69 \Omega$ e si trova in package IPAK. Il circuito di rilevazione di picco, invece, può essere realizzato con secondo transi-

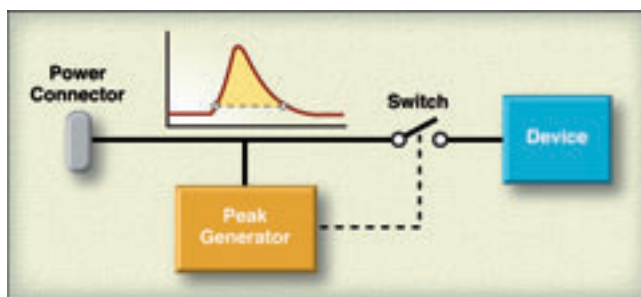
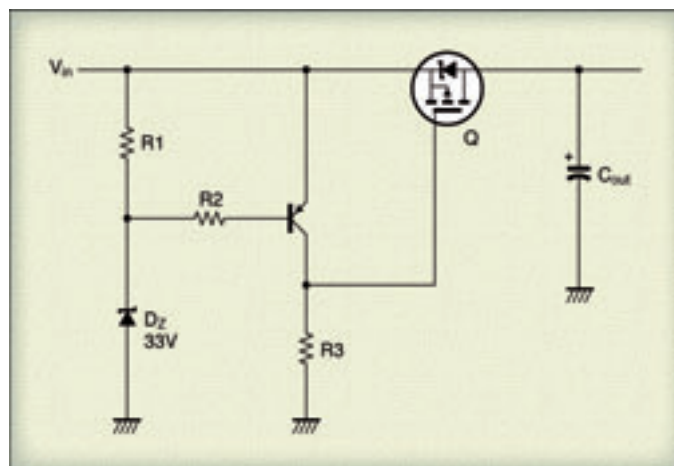


Fig. 6 - Schema di principio per ottenere un arresto dell'impulso di load dump all'esterno del dispositivo elettronico

stor non di potenza e un semplice diodo zener che ha la funzione di rilevare il picco di tensione. Uno schema reale del circuito descritto potrebbe essere quello di figura 7. Il transistor Q è un MOS di potenza che ha la funzione di interruttore comandato dal transistor T, quest'ultimo è un bjt di tipo PNP che rimane interdetto finché la tensione non supera la tensione di zener del diodo D_z in questa situazione la resistenza R tiene il gate del MOS a massa e polarizza in

Fig. 7 - Schema elettrico che implementa lo schema di principio schematizzato nella figura 6



zona attiva il MOS che rimane chiuso consentendo la normale alimentazione della scheda.

Quando la tensione supera la tensione di zener (che nel circuito d'esempio è di 33V) il transistor T si polarizza ed entrando in conduzione, cortocircuita la V_{GS} del MOS interdicendolo. A questo punto l'impulso viene bloccato dal MOS che l'unica cosa che deve fare è sostenere la tensione senza andare in breakdown, ma non deve dissipare alcuna energia. Se si esamina una plottata di un

oscilloscopio durante l'applicazione dell'impulso di load dump sul drain del MOS Q (Fig. 8), si possono vedere il tempo di intervento e l'energia residua che il circuito sop-

porta: il tempo di intervento è di pochi ms (comprensivi del tempo di reazione dello zener, del primo transistor e del MOS) e l'energia che viene trasferita al circuito a valle è solo pari al 5-10% dell'impulso.

Un inconveniente di questo circuito è legato al fatto che durante il suo intervento si disalimenta la scheda ma, come si è detto in precedenza, sulle auto l'impulso di load dump avviene sostanzialmente al distacco dalla batteria, ovvero quando tutto l'impianto elettrico dell'auto si sta spegnendo, così anche la scheda protetta da questo circuito. Il problema non si pone per quei dispositivi dotati di batteria tampone come gli antifurti satellitari.

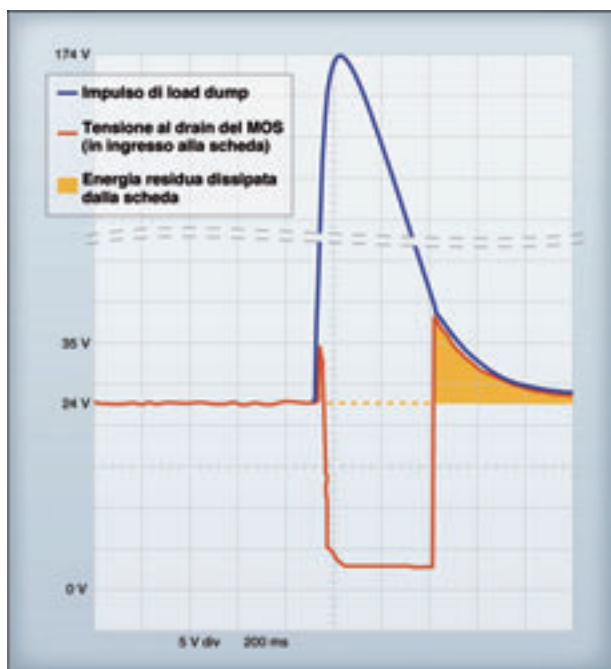


Fig. 8 - Impulso di load dump da 174V applicato al circuito di figura 7 alimentato a 24V

Componenti compatti presenti sul mercato dedicati alle funzioni di protezione contro il load dump

La soluzione al problema del load dump è sempre più orientata a questo secondo metodo, rispetto all'impiego di limitatori di tensione ingombrati, tanto che stanno iniziando a essere reperibili sul mercato chip dedicati alla funzione appena descritta, che integrano in un unico componente sia il comando del MOS sia il circuito di rilevazione di picco oltre ad altre utili funzioni aggiuntive.

Alcuni sono ad esempio i TBU (Transient Blocking Unit) forniti da Fultec, oppure l'LT4356 di Linear Technologies che, grazie a pochi componenti passivi esterni, fornisce una protezione contro sovracorrenti e sovratensioni, limita la corrente di picco, consente di regolare la tensione di limitazione sull'uscita, protegge contro l'inversione di polarità sull'ingresso ed è dotato di un timer guasti che garantisce lo spegnimento sicuro del MOS se l'errore persiste.

Un integrato di questo tipo ha inoltre il vantaggio di non spegnere la scheda scollegando l'alimentazione, ma di limitarla a un valore massimo; questo risulta molto utile in un'applicazione industriale dove si voglia mantenere l'elettronica di controllo accesa e dove il load dump è generato da motori che vengono bruscamente avviati e fermati. Quindi ad oggi la sensibilità verso questa problematica è aumentata, ma i progettisti hanno a disposizione nuovi e sempre più efficaci strumenti per fronteggiarla. *LD*

Digicom
readerservice.it n. 5

IN CIANO