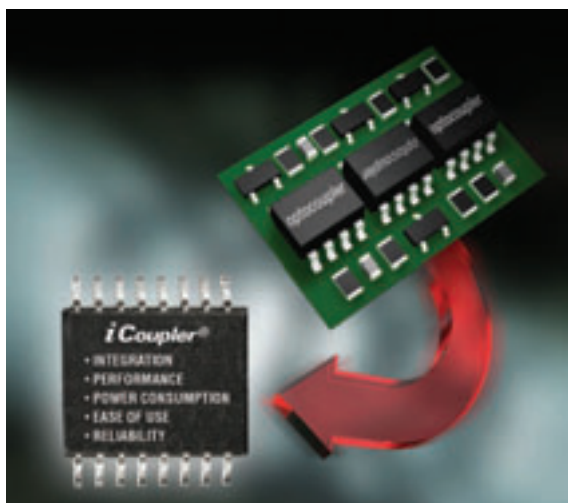


Trasferimento di segnale e di potenza attraverso una barriera di isolamento mediante microtrasformatori

Nata come alternativa all'isolamento tramite optocoupler, la tecnologia iCoupler basata su microtrasformatori ha ottenuto un vasto consenso presso i progettisti alle prese con problemi di isolamento. Congiuntamente alla tecnologia isoPower che, all'interno dello stesso dispositivo, consente di trasferire potenza oltre la barriera di isolamento, si è giunti a una semplificazione estrema in cui una serie di optoisolatori con un DC/DC converter isolato sono stati sostituiti da un unico dispositivo

Cosimo Carriero
Field Applications engineer
Analog Devices



Molte applicazioni in ambito elettronico richiedono l'isolamento galvanico tra apparati diversi tra loro connessi, in taluni casi per salvaguardare l'integrità dei segnali trasmessi, più di frequente per motivi di sicurezza. L'isolamento è molto diffuso in applicazioni industriali quali il controllo di processo o i sistemi di acquisizione dati, in cui una unità di controllo è connessa a

vari sensori e attuatori remoti da una parte, e a un'interfaccia utente dall'altra. In questi casi l'interruzione di ground loops consente di mantenere sotto controllo i disturbi di modo comune (rumore di massa) e quindi preservare la qualità dei segnali in gioco, e questo è particolarmente importante quando si hanno circuiti di elaborazione analogica a elevata sensibilità. Inoltre esistono

sistemi le cui masse si trovano a potenziali diversi e pertanto una connessione farebbe fluire una corrente incontrollata con possibile danneggiamento dei circuiti. Altri esempi sono forniti da sistemi di potenza ad alta tensione in cui la parte di controllo a bassa tensione viene protetta mediante l'isolamento galvanico. L'isolamento verso l'interfaccia utente protegge l'operatore dal contatto acci-

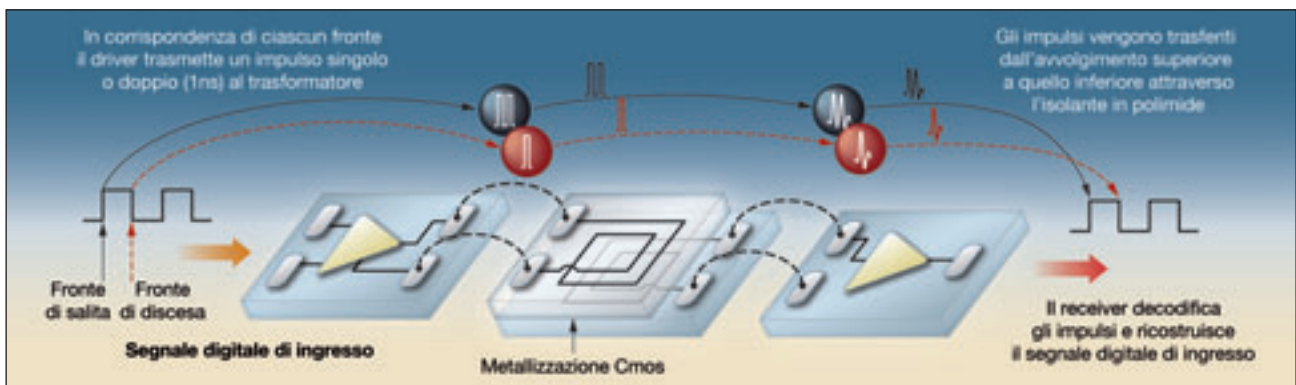


Fig. 1 - Struttura generale di un iCoupler

dentale con parti di sistema ad alta tensione. Si pensi ad esempio alla vasta gamma di elettrodomestici in cui l'elettronica di controllo non è isolata dalla rete di alimentazione.

In questo caso per ragioni di sicurezza l'interfaccia utente deve essere isolata dal resto dell'elettronica. Infine, nei sistemi medicali, in cui la sicurezza del paziente è uno dei requisiti fondamentali, esistono stringenti norme di isolamento elettrico.

La trasmissione di segnali attraverso una barriera di isolamento è stata dominata per lungo tempo da accoppiatori di tipo ottico, in cui la luce generata da un LED (Light Emitting Diode) viene utilizzata per portare in conduzione un fototransistor.

Altre tecniche consistono nell'accoppiamento induttivo mediante trasformatori o nell'accoppiamento capacitivo, anche se quest'ultimo è poco diffuso. Per molte applicazioni gli optoisolatori costituiscono ancora la scelta migliore in termini di costo/prestazioni. Tuttavia, con il crescere della velocità di trasmissione dei dati e la necessità di disporre di sistemi sempre più compatti gli optoisolatori hanno cominciato a mostrare i propri limiti, e nuove tecnologie sono state studiate e realizzate per superare i limiti imposti da questi dispositivi.

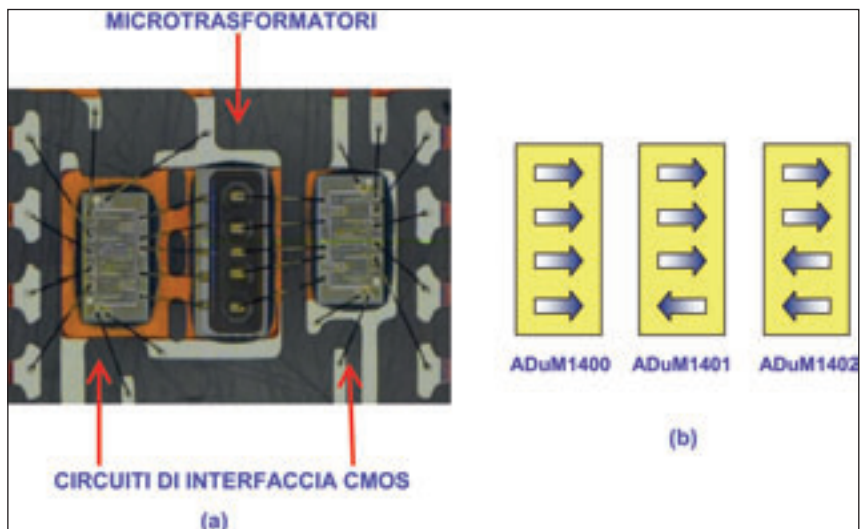


Fig. 2 - Isolatore digitale a 4 Canali della famiglia AduM140x

La tecnologia iCoupler

Una tecnologia particolarmente promettente è quella basata sulla trasmissione dei segnali mediante accoppiamento induttivo tramite trasformatori.

La tecnologia iCoupler sviluppata da Analog Devices è basata su microtrasformatori comparabili in dimensioni con quelle di un normale optoisolatore e consente la realizzazione di isolatori digitali. La struttura di un iCoupler è mostrata in figura 1.

Gli elementi costitutivi sono tre:

1) Interfaccia di ingresso, realizzata in

tecnologia CMOS, ha lo scopo di modulare il segnale digitale di ingresso in una forma conveniente per il microtrasformatore.

2) Microtrasformatore, costituito da spire metalliche separate da uno strato di polyimide, trasmette il segnale attraverso la barriera di isolamento.

3) Interfaccia di uscita, realizzata in tecnologia CMOS, riceve in ingresso il segnale dal microtrasformatore e lo ricostruisce in uscita con le medesime caratteristiche del segnale di ingresso.

Alla base della tecnologia iCoupler ci

TABELLA 1 - CARATTERISTICHE GENERALI DELLA FAMIGLIA ADuM344x

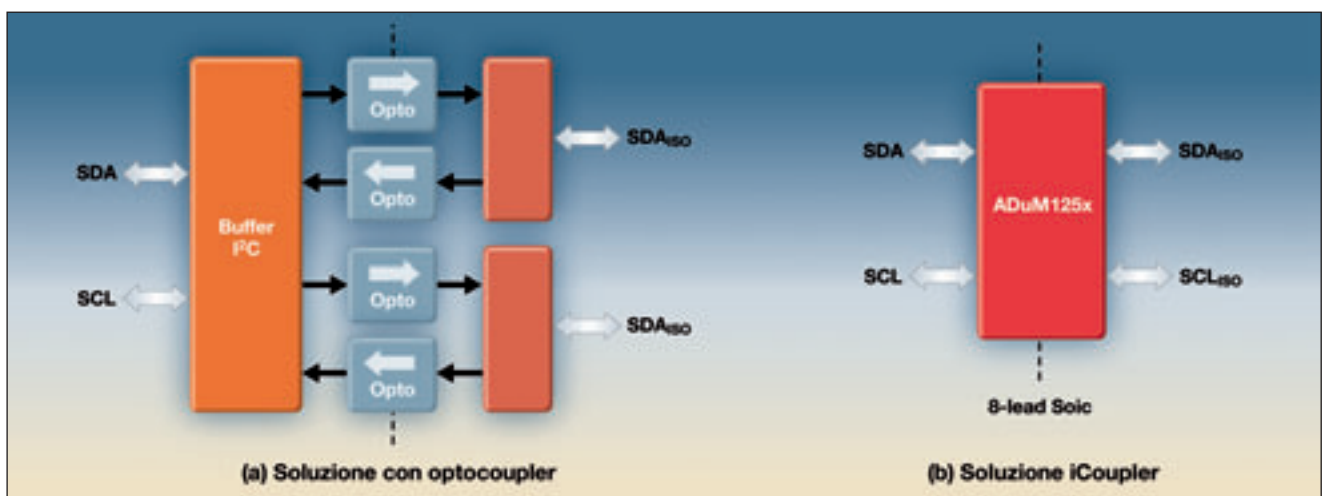
Parameter	Value	Operating Conditions
N. of Channels	4	
Bi-Directional	yes	
Output Enable	yes	
Maximum Data Rate	150Mbps	
Propagation Delay	32ns max	
Pulse Width Distorsion	5ns max	
Temperature drift	3ps / °C	
Channel to Channel Match	5ns max	
Power Consumption	1mA / channel 33mA / channel	@ DC to 2Mbps – 3.3V @ 150Mbps – 3.3V
Operating Temperature	-40°C to 105 °C	
Common Mode Transient Immunity	> 25kV / μs	
Safety and Regulatory Approval	UL, CSA, VDE	

sono i microtrasformatori planari che vengono realizzati utilizzando i processi standard dell'industria dei semiconduttori. Due avvolgimenti del diametro di 500μm e uno spessore di 4μm sono separati da uno strato di polyimide di 20μm che funge da barriera di isolamento. Il polyimide ha una rigidità dielettrica pari a 400V/μm, consentendo così al dispositivo una tenuta complessiva pari a circa 8kV.

L'interfaccia di ingresso rileva i fronti del segnale digitale generando degli impulsi della durata di 1ns che vengono inviati al microtrasformatore. Pertanto solo questi impulsi di breve durata vengono trasmessi affidando all'interfaccia

di uscita il compito di ricostruire il segnale di ingresso. Questa tecnica consente di svincolare il funzionamento del trasformatore dal data rate del segnale digitale. Per data rate molto bassi e in mancanza di transizioni (livello DC) un originale circuito di refresh consente di verificare lo stato del segnale di ingresso e replicarlo in uscita. Il circuito di refresh permette quindi di utilizzare l'isolatore anche in continua e inoltre consente l'inizializzazione corretta al power up.

Fig. 3 - La tecnologia iCoupler semplifica l'isolamento di linee bidirezionali



Inoltre, il fatto di avere un'interfaccia CMOS, che è una tecnologia a basso costo, aggiunge versatilità a questi sistemi che possono integrare funzioni aggiuntive senza impattare sensibilmente i costi.

La figura 2a mostra un isolatore digitale a 4 canali che contiene 3 chip in un singolo package. Questa struttura consente di raggiungere i livelli di isolamento richiesti. Rilassando opportunamente il requisito sull'isolamento è possibile passare a una struttura a due chip, e quindi più economica, in cui i microtrasformatori sono realizzati sulla sezione di ingresso oppure di uscita.

Per avere un'idea delle prestazioni che si possono raggiungere con questa tecnologia in tabella 1 vengono riportate le caratteristiche della famiglia ADuM344x.

Isolamento bidirezionale

Un aspetto rilevante di questa tecnologia è che i microtrasformatori possono trasferire il segnale in entrambe le direzioni consentendo così la realizzazione di isolatori bidirezionali. Con riferimento sempre alla struttura di figura 2a è possibile combinare opportunamente la direzione di ogni singolo canale ottenendo così le configurazioni riportate in figura 2b.

La bidirezionalità in questo caso specifico è in senso lato, intendendo con ciò

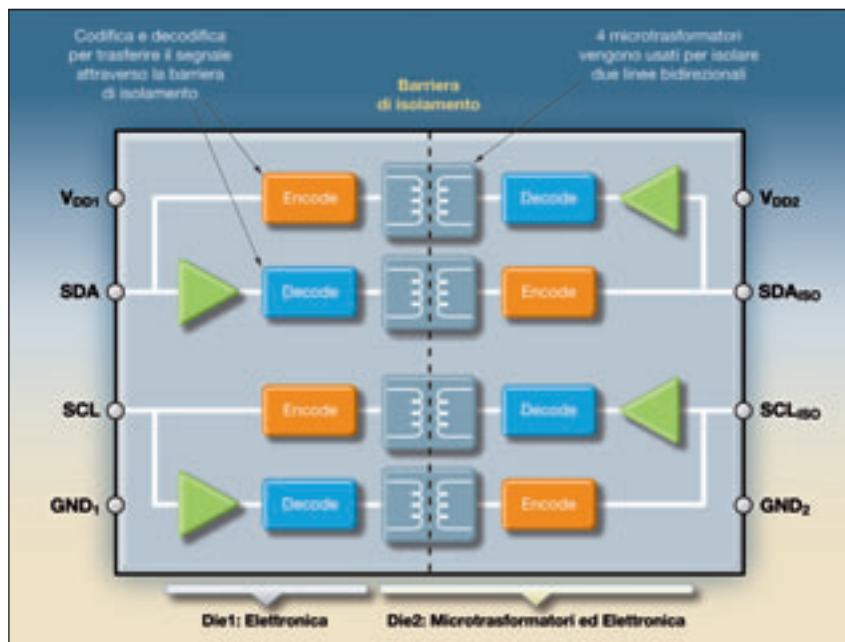
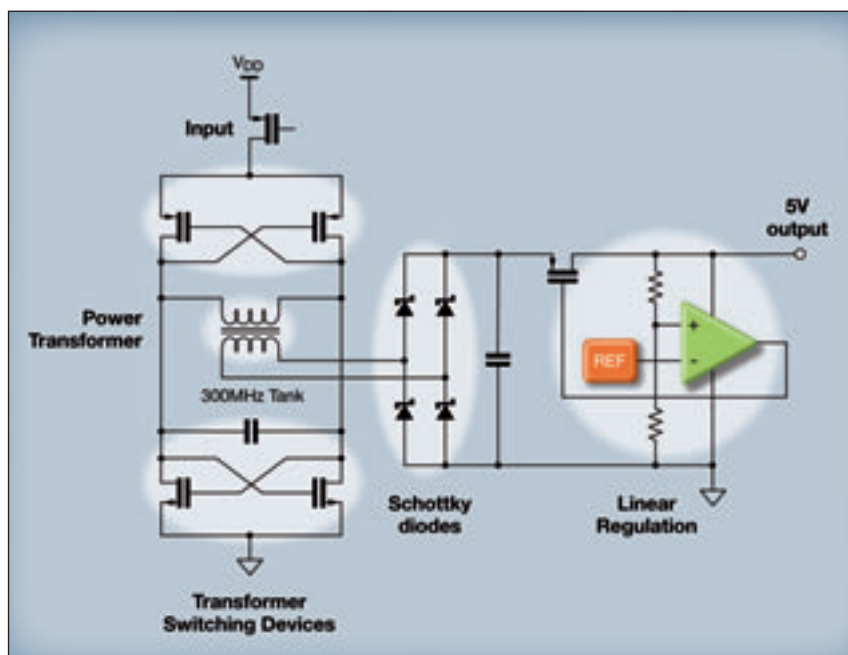


Fig. 4 - Architettura interna dell'ADuM1250

che la struttura dell'isolatore consente di avere all'interno del singolo dispositivo canali monodirezionali che vanno in direzioni opposte. Un dispositivo di questo tipo rende possibile l'isolamento di

bus di comunicazione bidirezionali quali SPI, RS-232 e RS-485, in cui la trasmissione di dati nelle due direzioni avviene su linee distinte, ma non è compatibile con protocolli quali I²C, SMBus e

Fig. 5 - Trasferimento di potenza tramite la tecnologia isoPower



PMBus che supportano il trasferimento dati bidirezionale su una singola linea. Si prenda il caso particolare del bus I²C (Inter Integrated Circuit) basato su un protocollo di comunicazione bidirezionale a 2 fili, uno per i dati e uno per il clock, sviluppato per consentire la comunicazione tra un microcontrollore e le sue periferiche in modo semplice e a basso costo. La semplicità va a scapito della velocità di trasmissione dei dati, e pertanto I²C trova applicazione in quei sistemi con un elevato numero di periferiche con data rate inferiore a 1Mbps. Volendo isolare un bus I²C utilizzando degli accoppiatori ottici, data la loro natura monodirezionale si rende necessaria una logica che suddivida le due linee in quattro (trasmissione e ricezione per i dati e trasmissione e ricezione per il clock), mandarle a quattro distinti optocoupler e quindi ricombinarle per ottenere nuovamente le due linee. La soluzione appare pertanto alquanto complessa e vanifica in parte il vantaggio della semplicità ed economicità del bus I²C.

La tecnologia iCoupler consente di integrare tutte queste funzioni all'interno di un singolo package, arrivando così a realizzare l'isolamento del bus I²C con un singolo dispositivo. Questa soluzione è illustrata in figura 3. Il circuito schematicizzato in (a) è una delle soluzioni adottate più di frequente con 4 optoisolatori, un buffer e delle reti che servono per sdoppiare e ricomporre le linee. Stessa soluzione in (b) ricorrendo a un solo ADuM1250 oppure ADuM1251, che, pur basandosi sullo stesso principio, integra tutte le funzioni consentendo così una semplificazione circuitale notevole e un risparmio di area sul PCB pari a circa il 90%.

La figura 4 illustra come viene ottenuto l'isolamento all'interno dell'ADuM1250. Le linee vengono prima suddivise in ricezione e trasmissione, inviate a 4 isolatori iCoupler e poi ricomposte in modo da ricondursi alle due linee bidirezionali originali. A differenza della struttura

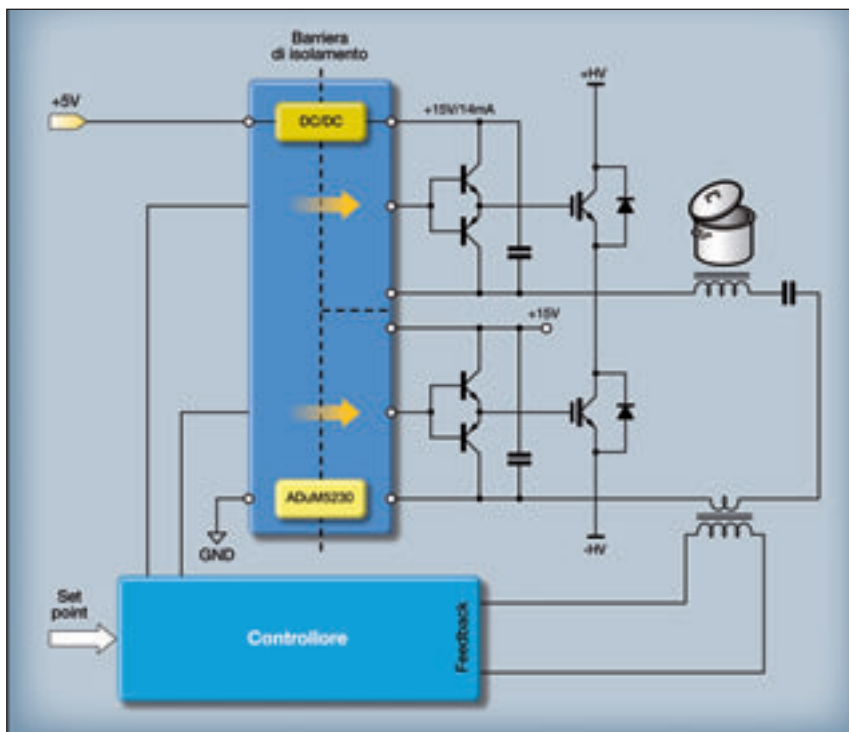


Fig. 6 - Pilotaggio isolato di un half bridge a IGBT con l'ADuM5230

3.3V e 5V in ingresso e in uscita. Della nuova generazione fanno parte anche i gate driver ADuM5230 e ADuM6132. Questi dispositivi vengono alimentati a 5V e generano una tensione di uscita a 15V per il pilotaggio dei gate di Mosfet o IGBT nelle topologie a mezzo ponte, semplificando così notevolmente le problematiche collegate con il pilotaggio High Side. La potenza sul lato secondario è pari a 300mW.

La figura 6 mostra un'applicazione tipica dell'ADuM5230, il pilotaggio di un mezzo ponte a IGBT in un sistema di cottura a induzione. Il carico è un circuito RLC risonante, in cui la parte dissipativa è rappresentata dal calore sviluppato per riscaldare la pentola. I due IGBT sono comandati in controfase, generalmente con un duty cycle intorno al 50%, e l'intensità del riscaldamento, corrispondente all'intensità della corrente nel circuito risonante, viene controllata variando la frequenza di pilotaggio dei due IGBT, tipicamente compresa tra 20kHz e 100kHz.

La corrente che fluisce nell'induttore viene misurata tramite un trasformatore di corrente e inviata al controllore per chiudere il feedback. La caratteristica che rende particolarmente conveniente l'uso dell'ADuM5230 è il fatto che le tre sezioni, ingresso, uscita low side e uscita high side sono completamente isolate tra loro.

Per le applicazioni in cui non è richiesto l'isolamento tra l'ingresso e l'uscita risulta maggiormente conveniente l'ADuM6132 in cui solo la sezione high side è isolata per semplificare il pilotaggio del transistor high side.

L'ADuM5230 è in grado di fornire una corrente di picco di 100mA ed è caratterizzato da una corrente di sink di 300mA; per questo motivo risulta adat-

presentata in figura 2 qui si hanno due chip, su uno dei quali, oltre all'elettronica di codifica e decodifica sono presenti anche i microtrasformatori.

La tecnologia isoPower

La tecnologia isoPower nasce da due considerazioni elementari. La prima è che tutte le applicazioni che richiedono la trasmissione di dati galvanicamente isolata richiedono anche una tensione di alimentazione isolata su entrambi i lati della barriera. Il secondo è che un trasformatore non solo è in grado di trasferire un segnale modulato attraverso una barriera di isolamento, ma può trasferire anche potenza. Apportando le dovute modifiche è possibile trasformare il microtrasformatore di segnale in un microtrasformatore di potenza. Switch, diodi rettificatori e regolatori di tensione possono essere aggiunti per ottenere una sorgente di potenza isolata con le stesse caratteristiche del canale di isolamento del segnale. A beneficiare di questa nuova tecnologia è stata per prima la famiglia dei dispositivi ADuM524x.

La cella di potenza risulta essere abba-

stanza elementare. Un modulatore AC ad alta frequenza pilota il trasformatore. Sul lato secondario viene posto un rettificatore a diodi Schottky; la tensione rettificata e filtrata viene infine inviata a un regolatore lineare e quindi resa disponibile in uscita. Il concetto è illustrato in figura 5a. La figura 5b è una foto del die in cui si possono riconoscere i microtrasformatori di segnale e di potenza.

Gli ADuM524x lavorano con una tensione di ingresso fissa di 5V e sono in grado di fornire una tensione regolata in uscita pari a 5V. La potenza trasferita attraverso la barriera è di soli 50mW, apparentemente poco, ma più che sufficiente per una moltitudine di applicazioni a bassa potenza.

L'enorme popolarità degli ADuM524x è stato uno stimolo potente per continuare la ricerca in questo ambito per migliorare sensibilmente le prestazioni e introdurre nuove famiglie di dispositivi. La nuova generazione degli ADuM540x di isolatori quadrupli con il trasferimento di potenza integrato è in grado di fornire una potenza di 500mW, dieci volte maggiore, e può lavorare con tensioni di

to per pilotare direttamente transistor con una bassa capacità di gate, tipicamente 200pF.

Per le applicazioni che richiedono l'uso di transistor con una più elevata capacità di gate è consigliabile l'uso di un buffer realizzato con una coppia di BJT NPN e PNP, come mostrato in figura 6. Le due uscite sostengono una differenza di potenziale di $\pm 700V$ di picco tra loro e rispetto agli ingressi, consentendo così alla parte low side di poter andare a potenziali negativi.

Infine una caratteristica molto importante è l'immunità ai transistori veloci che risulta essere pari a $25kV/\mu s$.

Tecnologie a confronto

Confrontando le tecnologie optocoupler e iCoupler i vantaggi di quest'ultima sono innegabili; i problemi legati all'incertezza del CTR (Current Transfer Ratio) la non linearità della funzione di trasferimento, la deriva in temperatura e l'invecchiamento tipici degli optocoupler sono inesistenti negli iCoupler. Abbiamo inoltre un range di temperatura più esteso, un ridotto consumo di potenza, fino al 90% in meno, e una maggiore semplicità d'uso dovuta all'assen-

za totale di driver e reti di polarizzazione esterni, fattori questi che determinano anche una maggiore affidabilità degli iCoupler.

In termini di prestazioni, la tecnologia iCoupler è nettamente vincente quando si va su data rate elevati, superiori a 10Mbps, potendo vantare un ritardo di propagazione inferiore e una minore dispersione delle caratteristiche temporali tra un dispositivo e l'altro. Infine non è possibile trasferire della potenza con un sistema ad accoppiamento ottico, cosa che, come si è visto, è possibile fare con un accoppiamento induttivo.

La tradizionale tecnologia ad accoppiamento ottico ha il vantaggio di essere economicamente conveniente quando si ha una frequenza di trasferimento bassa, tipicamente inferiore a 100kbps, e un'intrinseca robustezza ai disturbi elettromagnetici.

I pochi esempi riportati in questo articolo dimostrano l'enorme versatilità della tecnologia iCoupler, che, ricorrendo a processi standard CMOS, consente di integrare funzionalità che semplificano enormemente la sfida posta al progettista che si trova ad affrontare problemi di isolamento complessi.

Con l'introduzione della tecnologia isoPower si è inoltre ampliato enormemente l'orizzonte delle possibili applicazioni e nel prossimo futuro ci si aspetta di vedere notevoli progressi legati anche all'introduzione di nuove architetture che consentiranno di ottenere dispositivi con prestazioni sempre più elevate pur contenendone i costi.

Grazie anche all'approvazione delle principali agenzie di certificazione (UL, CSA e VDE) i settori che già da ora beneficiano di questa tecnologia sono i più disparati, e vanno dall'industriale al medicale, dalle telecomunicazioni al mercato del bianco.

Prossimi alla soglia dei 200 milioni di canali funzionanti nel campo, con oltre 100 diversi part number a portafoglio, e con una roadmap aggressiva di nuovi prodotti e nuove applicazioni la tecnologia iCoupler di Analog Devices può ormai essere considerata uno standard di fatto nell'isolamento elettrico dei segnali digitali.

Analog Devices
readerservice.it n. 8

TOSHIBA
Leading Innovation >>>

meet the new
generation

- **Interfaccia uomo-macchina**
Sensore di illuminazione, alimentatore, schermo e driver TFT, LED e driver
- **Componenti comuni**
- **Componenti discreti RF**
- **Banda base e multimediali**
Dynastron per fotocamere, SoC per telefonia cellulare, motore multimediale, memoria di sistema e memoria estraibile



www.toshiba-components.com

readerservice.it n.21802