

Filtri di modo comune e protezioni per le interfacce differenziali ad alta velocità

Eric Dominguez
Product marketing manager
Protection Group
ON Semiconductor

Le apparecchiature elettroniche oggi funzionano in un ambiente in cui abbondano le sorgenti di interferenze, di natura sia elettromagnetica (EMI) sia a radiofrequenza (RFI). Ciò è dovuto in larga parte al sempre maggior utilizzo della tecnologia a radiofrequenza (RF). Questi tipi di interferenze fanno sorgere la necessità di utilizzare filtri di modo comune in tutte quelle applicazioni che prevedono interfacce differenziali. Sebbene uno dei motivi che spingono all'utilizzo della configurazione differenziale sia proprio quello di minimizzare gli effetti delle interferenze EMI/RFI, essi non possono essere eliminati completamente.

Il segnale differenziale può essere deteriorato dal rumore esterno, in modo tale che non venga più riconosciuto dal ricevitore. Inoltre, una volta che il rumore è accoppiato all'elettronica interna di un'apparecchiatura, altri circuiti che non utilizzano la segnalazione differenziale potrebbero essere influenzati e causare ulteriori problemi.

USB 2.0 ad alta velocità (Hi-speed) è una delle più diffuse interfacce per trasmissione dati differenziale. L'obiettivo di questo articolo è far comprendere la necessità e i vantaggi legati all'utilizzo di un filtro di modo comune per sopprimere il rumore EMI/RFI in un'applicazione con USB 2.0 ad alta velocità. Verrà inoltre discussa la protezione dell'interfaccia dalle scariche elettrostatiche (ESD).

Tra le cause più comuni si possono segnalare, oltre alle scariche elettrostatiche stesse, le scariche indotte dai fulmini, gli alimentatori a commutazione (come i convertitori DC/DC), e i dispositivi wireless come i telefonini, i router WiFi, le console per videogiochi e i netbook. Le fonti di interferenza più comuni sono imputabili a dispositivi che funzionano nella banda di frequenze comprese tra 800 MHz e 3 GHz, ma l'evoluzione tecnologica sta espandendo questi limiti in una fascia compresa tra 700 MHz e 6 GHz. Tutte queste fonti di emissione elettromagnetica generano un ambiente molto ricco di interferenze che può rivelarsi dannoso non solo per i dispositivi che le emettono, ma anche per il funzionamento di altri tipi di apparecchiature. L'oggetto di questo articolo sarà l'interfaccia USB 2.0 in consi-

Un filtro di modo comune è un elemento indispensabile per sopprimere il rumore EMI/RFI in un'applicazione con USB 2.0 ad alta velocità

derazione del suo impiego in una molteplicità di dispositivi portatili come i telefonini e l'analisi di come le interferenze EMI/RFI possano creare problemi di integrità del segnale se non si utilizzano opportuni filtri.

USB 2.0: requisiti di filtraggio di modo comune

In un'interfaccia USB 2.0 ad alta velocità i dati sono trasmessi in modalità differenziale su due fili ad una velocità massima di 480 Mbps. Per comprendere i requisiti di filtraggio, è importante approfondire la struttura del segnale. Il fatto che il segnale sia differenziale significa che esso non è riferito a massa, ma i due segnali sono riferiti l'uno all'altro. I dati vengono trasmessi sulle due linee sfasate esattamente di 180 gradi l'una rispetto all'altra. Le due linee sono comunemente indicate con i simboli D+ e D-, che ricordano la natura in opposizione di fase del segnale. Ciò significa che deve essere scelta una topologia del

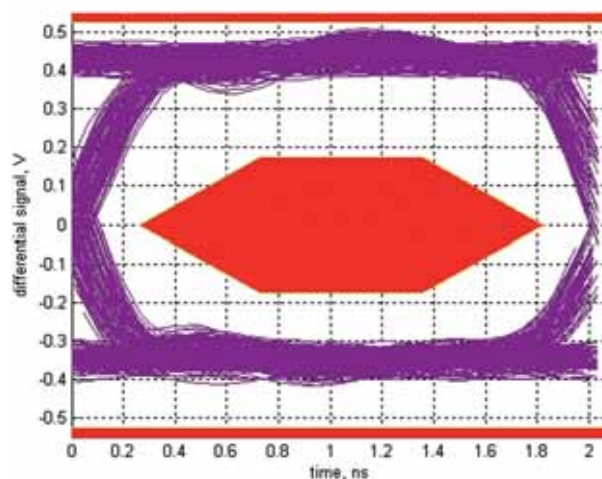


Fig. 1 – Tipico diagramma ad occhio di un segnale USB 2.0 ad alta velocità

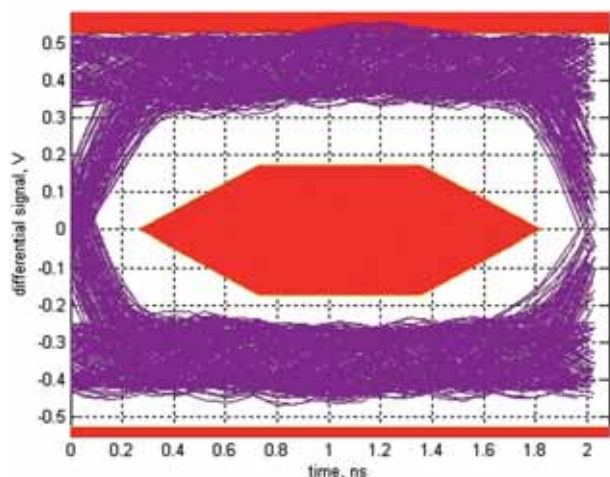


Fig. 2 – Diagramma ad occhio di un segnale USB 2.0 ad alta velocità con rumore di modo comune

filtra appropriata per attenuare adeguatamente il contenuto non desiderato del segnale senza deteriorare l'integrità del segnale differenziale desiderato. Nel caso dell'interfaccia USB 2.0, una topologia del filtro in configurazione single-ended non è sufficiente; è necessario utilizzare una topologia differenziale come una bobina di modo comune. Questo tipo di filtro permette il passaggio del segnale differenziale desiderato senza intaccare l'integrità del segnale mentre vengono filtrati i segnali di modo comune prodotti dalle interferenze EMI e RFI. Le proprietà induttive del filtro di modo comune creano una funzione di trasferimento con un'ampia larghezza di banda fino a 3 o 4 GHz per i segnali differenziali, ma contemporaneamente una larghezza di banda ridotta, inferiore a 100 MHz, per i segnali di modo comune. A questo punto è necessario focalizzare l'attenzione sulla larghezza di banda necessaria affinché il segnale passi mantenendo una buona integrità. Per un segnale a 480 Mbps, la frequenza massima fondamentale che può essere generata è quella di una sequenza di 1 e 0 alternata (1-0-1-0-1-0...), che risulta pari a 240 MHz. Poiché la forma tipica del segnale è un'onda quadra, la banda necessaria per farlo passare può essere determinata approssimando la serie di Fourier a circa tre volte il valore della frequenza fondamentale. Ciò implica che la banda necessaria minima per il segnale differenziale è di 720 MHz.

Infine, va determinata l'entità dell'attenuazione necessaria per rimuovere efficacemente gli effetti dei segnali di modo comune indesiderati. Ciò dipende dall'applicazione, ma in generale è preferibile la maggiore attenuazione possibile.

USB 2.0: Requisiti di integrità del segnale

Per comprendere le esigenze del segnale in termini di larghezza di banda, bisogna definire una misura dell'integrità del segnale. È prassi molto comune misurare il segnale con

un "diagramma ad occhio" (eye diagram) per determinarne la qualità in ricezione. Il diagramma ad occhio mostra un certo numero di transizioni tra gli stati del segnale e fornisce un'indicazione della capacità del ricevitore di interpretare i dati trasmessi. Gli schemi di trasmissione dati ad alta velocità hanno maschere specifiche sovrapponibili al diagramma ad occhio, che il segnale non deve attraversare per essere considerato conforme allo standard. Un tipico diagramma ad occhio di un segnale USB 2.0 ad alta velocità con la sua maschera di conformità è riportato nella figura 1.

Il segnale riportato nella figura 1 verrebbe ricevuto facilmente da un ricetrasmittitore USB 2.0 in quanto, come si nota dalla figura, nel segnale non vi è alcuna violazione delle zone definite dalla maschera. Si consideri ora uno scenario dove vi sia del rumore aggiunto di modo comune. In questo caso è stato introdotto un rumore di modo comune alla frequenza di 900 MHz con un'ampiezza di picco di 75 mV. È stata scelta questa frequenza per emulare il rumore causato dal funzionamento di un tipico telefono radiomobile. Quando si introduce del rumore di modo comune, come illustrato nella figura 2, il diagramma ad occhio diventa molto degradato.

In figura 2, l'intera parte superiore della maschera viene violata e le transizioni del segnale si stanno degradando avvicinandosi anch'esse al limite di violazione della maschera. In questo caso, per il ricevitore sarebbe praticamente impossibile interpretare i dati trasmessi.

Nel segnale vi è troppo rumore presente nel segnale affinché il ricevitore riesca a discriminare in modo affidabile tra i vari stati del segnale in queste condizioni. E si tratta di una piccola quantità di rumore presente con un'ampiezza di solo il 5% rispetto a quella del segnale USB 2.0.

USB 2.0: proteggere l'interfaccia

Non solo è importante filtrare il rumore EMI/RFI, ma è altrettanto importante proteggere i sensibili circuiti interni dalle scariche elettrostatiche, che potrebbero danneggiare o addirittura distruggere i componenti. In queste condizioni, è necessario utilizzare un filtro di modo comune con protezione elettrostatica incorporata come il dispositivo NUC2401 di ON Semiconductor. Si tratta di un filtro che ha la larghezza di banda adatta ai segnali USB 2.0 ad alta velocità, attenua adeguatamente i segnali di modo comune e protegge i circuiti interni dalle scariche elettrostatiche.

Il circuito integrato di protezione dalle scariche elettrostatiche ha una capacità molto bassa (<1 pF), fatto questo che rende il dispositivo praticamente trasparente per il segnale USB ad alta velocità. Osservando il diagramma ad occhio della figura 3, anche quando viene introdotta una grande quantità di rumore di modo comune, la maschera non viene violata e l'integrità del segnale viene garantita.

La figura illustra un diagramma ad occhio di un segnale USB

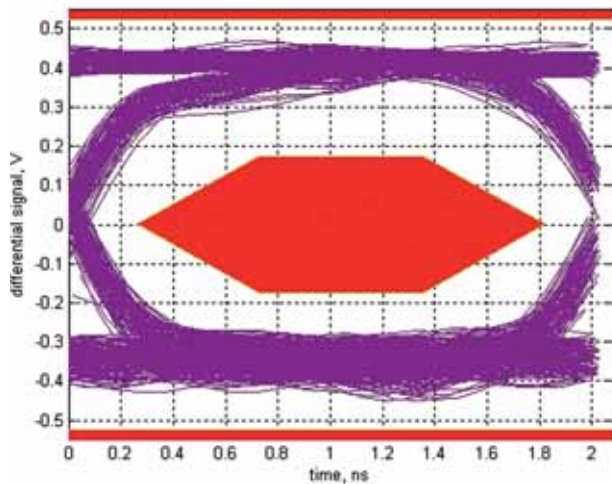


Fig. 3 – Diagramma ad occhio di un segnale USB 2.0 ad alta velocità con rumore di modo comune filtrato

2.0 ad alta velocità all'uscita del dispositivo NUC2401 con un rumore di modo comune alla frequenza di 900 MHz e un'ampiezza di picco di 400 mV.

Il diagramma ad occhio risultante riportato in figura 3 non presenta alcuna violazione della maschera, né nei limiti superiore e inferiore, né nella zona centrale della maschera. Il rumore

introdotto ha un'ampiezza cinque volte maggiore rispetto a quello considerato nella figura 2. Pur con questo elevato livello di rumore, il diagramma ad occhio risultante in uscita del filtro mostra un segnale pienamente riconoscibile dal ricevitore che ha mantenuto un'eccellente integrità.

In un ambiente ricco di molte fonti di interferenza, il filtraggio è un'operazione estremamente importante. Un'interfaccia differenziale dovrebbe aiutare a minimizzare gli effetti del rumore di modo comune, ma comunque permangono problemi di integrità del segnale da affrontare correttamente come illustrato in questo articolo. Inoltre, senza un filtro adeguato nel punto di ingresso di un dispositivo, come una porta USB, il rumore può disturbare il funzionamento di altri circuiti interni. La soluzione ideale è rimuovere questo rumore e assorbire eventuali fenomeni elettrostatici nel punto di ingresso usando un filtro di modo comune con protezione integrata dalle scariche elettrostatiche. L'utilizzo di un filtro di modo comune come il NUC2401 permette di rendere l'interfaccia USB 2.0 molto più robusta in termini di immunità al rumore EMI/RFI proteggendola al contempo dalle scariche elettrostatiche. Anche una piccola quantità di rumore EMI/RFI introdotta su un segnale USB 2.0 ad alta velocità può causarne il degrado eccessivo rendendone impossibile il corretto riconoscimento da parte del ricevitore USB. ■