

## TRASMETTITORI E RICEVITORI DIFFERENZIALI PERMETTONO DI TRASFERIRE SEGNALI VIDEO SU RETI UTILIZZANTI CAVI A BASSO COSTO CAT5

Jurica Ivisic  
Membro dello Staff Tecnico CAE-MM BU  
Maxim Integrated Products Inc  
Sunnyvale - USA

Robert Demattei  
Consulente, Co-Autore - USA

a cura di  
Massimo Caprioli  
Senior FAE Maxim Italy  
Maxim Integrated Products Inc  
Milano - Italia

*Questo articolo descrive i problemi inerenti la trasmissione su lunghe distanze di segnali video CVBS usando un cavo CAT5. Vengono illustrate soluzioni a basso costo utilizzando circuiti di equalizzazione e trasmettitori / ricevitori differenziali in applicazioni industriali e automotive*

Un sistema di trasmissione video "single-ended" è in grado, su brevi distanze (inferiori a 3 metri), di gestire segnali e trasferirli mantenendo un'elevata qualità dell'immagine da riprodurre. Tuttavia, per coprire lunghe distanze (centinaia di metri), tale modalità trasmissiva è suscettibile di disturbi dovuti alle differenze di tensione tra la massa del trasmettitore e quella del ricevitore nonché al rumore irradiato che viene iniettato nel cavo.

In ambienti ostili, quali quelli industriale e automotive, ove il degrado del segnale video è ancor peggiore, un sistema utilizzando trasmissione differenziale risulta alquanto immune a queste disturbanze perchè la sorgente di rumore si accoppia in modo comune a entrambe le linee di segnale. Ove un sistema è maggiormente esposto al rumore iniettato (e.g.: quando si trasmette su cavi lunghi



Fig. 1 - Immagine TV di un segnale video "NTSC Multi-burst" non distorto

centinaia di metri), al fine di trasferire il segnale video nella maniera più integra possibile e ottenere un'immagine di qualità superiore, diverrà preferibile usare una trasmissione differenziale piuttosto che quella single ended.

Lo svantaggio della trasmissione differenziale utilizzando cavi coassiali è il costo complessivo del sistema. In ambienti industriali, dove i segnali vengono trasmessi per centinaia di metri, installare cavi coassiali ha un costo proibitivo nella maggior parte delle applicazioni. Tuttavia, a seguito del proliferare di connessioni di rete per computer

(Ethernet) anche in ambienti industriali, l'installazione di cavi CAT5 ha permesso un abbattimento dei costi di connessione anche per il trasferimento dei segnali video.

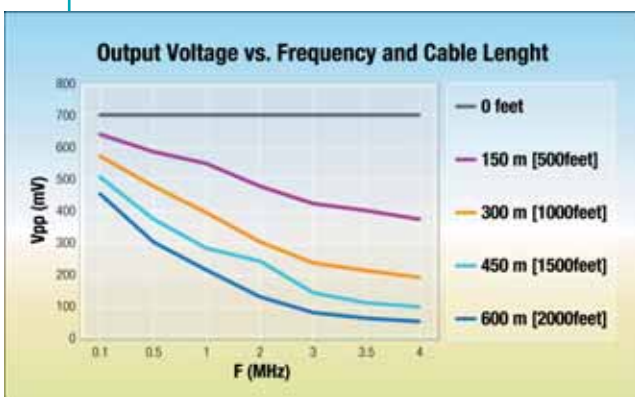
L'uso dei cavi CAT5, quale mezzo per la trasmissione dei segnali video, impone una maggior attenzione applicativa e obbliga a considerare due parametri fondamentali.

Primo, i cavi CAT5 sono formati da 4 coppie intrecciate sicché, se più di una coppia viene usata per trasportare segnali (video e non) nello stesso momento, si presenterà un problema di



**Fig. 2 - Immagine di un segnale "NTSC Multiburst" non distorto trasmesso su un metro di cavo CAT5**

"diafonia" tra i canali. Tale problema può essere ridotto a un livello accettabile se sia il Modo Comune (CMB) del trasmettitore sia la Reiezione al Modo Comune (CMRR) del ricevitore risultano elevati (almeno 30dB) nella banda di frequenze del segnale video (0:5MHz). In queste condizioni sarà possibile mantenere integra la qualità dell'immagine.



**Fig. 4 - Perdite del Segnale Video (Vpp) in funzione di svariate lunghezze del cavo CAT5**

In secondo luogo, i cavi CAT5 procurano rilevanti perdite alle alte frequenze, molto maggiori di quelle ottenute usando i cavi coassiali. Ciò impone al progettista di aggiungere al sistema circuiti di equalizzazione che compenseranno le perdite dovute alla connessione quando

la distanza trasmissiva supera i 3 metri. Il circuito di equalizzazione eleverà il guadagno del segnale a quelle frequenze ove l'uso del cavo CAT5 determina delle perdite, cancellandone l'effetto negativo e ristabilendo l'integrità del segnale trasmesso.

Dal momento che la trasmissione differenziale minimizza la "diafonia", analizzeremo l'equalizzazione di segnali Video "NTSC Multiburst".

La figura 1 mostra la foto di un segnale video come esso appare



**Fig. 3 - Immagine di un segnale Video "NTSC Multiburst" che presenta distorsione dovuta a trasmissione su cavo CAT5 lungo 450 metri**

su un monitor TV mentre la figura 2 mostra lo stesso segnale, nella sua forma elettrica, come esso appare all'oscilloscopio.

La barra bianca visualizzata alla sinistra della figura 1 è la stessa barra mostrata alla sinistra della figura 2. Questa barra è seguita da un gruppo di 6 piccole barre bianche (onde sinusoidali) decrescenti in larghezza (diversa frequenza). Se il contenuto del segnale è integro, l'immagine visualizzata presenterà chiare e distinguibili aree bianche e nere per ciascuna delle barre.

In presenza di distorsione di fase - o di larghezza di banda - dovuta a una trasmissione su cavi CAT5 molto lunghi, le barre progressivamente più piccole ven-

gono alterate e possono apparire meno definite o colorate. La figura 3 mostra un esempio di tale distorsione e le barre bianche appaiono poco definite, l'immagine perde contrasto e il gruppo delle barre più piccole risulta molto distorto. Le deboli barre bianche diagonali sono artificiali e dovute all'interazione del piano focale dell'otturatore della cinepresa e il ritracciamento orizzontale del monitor TV; esse non sono visibili dall'occhio umano. Il resto della distorsione è particolarmente visibile.

Il grafico di figura 4 illustra chiaramente le perdite del segnale video "NTSC Multiburst" (Vpp) in funzione di svariate lunghezze del cavo CAT5.

Le perdite hanno ovviamente un effetto negativo sulla qualità del segnale video trasmesso come mostrato dall'immagine all'oscilloscopio di figura 5.

Riguadando le figure 1 e 2, che mostrano una trasmissione su CAT5 lungo 1 metro, noteremo come le forme d'onda siano quasi perfette. In particolare l'allineamento regolare dell'ampiezza dei sei gruppi di barre (Vpp in Fig. 2) che determina

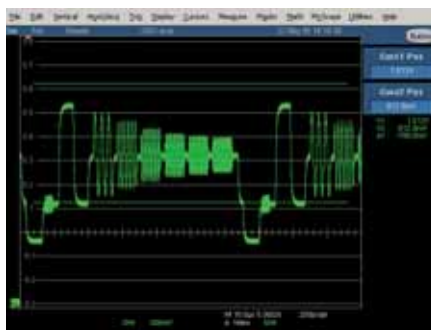
l'elevata definizione delle barre bianche e delle aree di grigio (Fig. 1).

Viceversa in figura 5a, relativa alla trasmissione su CAT5 lungo 150 metri, si noti come l'allineamento in ampiezza dei sei gruppi di barre (Vpp in Fig.2) non sia più regolare e i fronti del segnale video presentino anomali "arrotondamenti". In figura 5b la lunghezza del cavo è stata aumentata a 300metri e le differenze tra i sei gruppi divengono ulteriormente drammatiche; il segnale è sempre più "arrotondato" e l'immagine ancor meno definita. Un cavo CAT5 lungo 300 metri produrrà delle perdite tali da causare la distorsione del segnale di luminanza.

In figura 5c la lunghezza del cavo è ulteriormente aumentata a 450metri; qui si può notare come i sei gruppi siano altamente distorti e il segnale di luminanza per ciascuna frequenza gravemente alterato. Di conseguenza le barre bian-



**Fig. 5a - Segnale "NTSC Multiburst" trasmesso su cavo CAT5 lungo 150 metri**



**Fig. 5b - Segnale "NTSC Multiburst" trasmesso su cavo CAT5 lungo 300 metri**



**Fig. 5c - Segnale "NTSC Multiburst" trasmesso su cavo CAT5 lungo 450 metri**

che non saranno visualizzate nella loro piena intensità.

Il problema visualizzato ed evidenziato nelle figura 5abc può essere facilmente risolto usando una coppia trasmettitore/ricevitore differenziale come i dispositivi prodotti da Maxim, MAX9546 e MAX9547.

Per mezzo di tali oggetti, in grado di

compensare le perdite introdotte dall'uso di lunghi cavi CAT5, viene dimostrato l'effetto dell'equalizzazione del segnale video. La figura 6a illustra lo schema elettrico di un sistema utilizzando la coppia trasmettitore/ricevitore differenziale MAX9546 e MAX9547 che provvede una semplice equalizzazione ai capi di Zt.

L'incremento di guadagno determinato dal circuito di equalizzazione riporterà il segnale video ricevuto in una forma molto simile a quella d'origine, ovvero, come trasmesso dalla sorgente (Fig. 1). Al fine di ottenere la più elevata qualità del segnale ricevuto bisognerà considerare che, per perdite particolarmente importanti dovute a variazioni delle caratteristiche del cavo in funzione del produttore, l'equalizzazione potrebbe richiedere una analisi 'caso per caso' secondo il cavo usato. La tipica rete di equalizzazione è illustrata in figura 6b ove ciascun ramo della rete modifica il guadagno alla frequenza definita dalla coppia resistenza/condensatore. La resistenza definisce il guadagno mentre il condensatore definisce la frequenza ove l'equalizzazione comincia ad avere effetto, sebbene nella regione di "incrocio" entrambi avranno effetto sul guadagno. Il punto di "incrocio", dove la resistenza comincia a divenire dominante, è approssimativamente determinato dal reciproco del prodotto dei due valori moltiplicato per  $2\pi$  ( $F_t = 1 / R \cdot C \cdot 2\pi$ ).

La tabella 1 illustra i valori di compensazione RC per trasmissioni alle distanze di 150, 300 e 450 metri. Come citato, il condensatore definisce la frequenza alla quale la resistenza avrà effetto sul guadagno. Inoltre, la resistenza R4 adatterà il guadagno di compensazione complessivo insieme a R5. Quando verrà usata la sola R5, il guadagno sarà imposto a 2V/V.

L'immagine dell'oscilloscopio di figura 7a, confrontata con la figura 5a, illustra l'azione di correzione imposta dalla rete di compensazione su una connessione CAT5 lunga 150 metri,



**1**  
**Verifica della disponibilità in tempo reale**

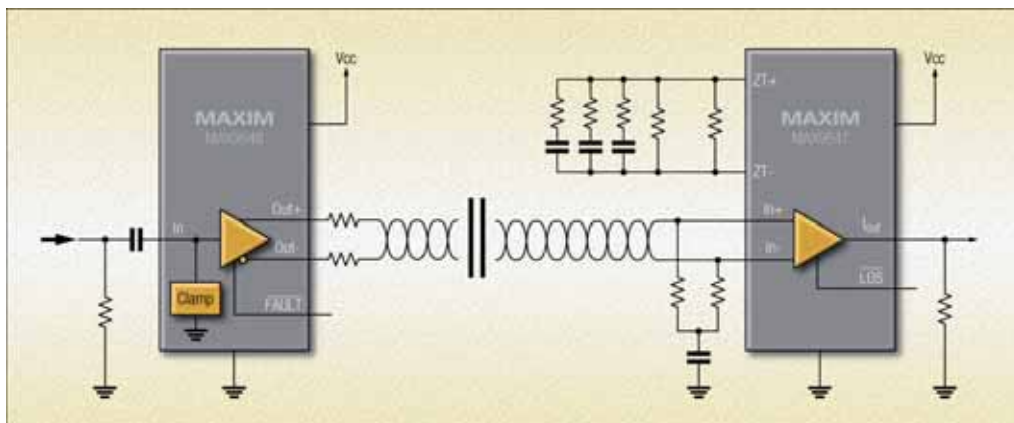
**2**  
**Ordine con carta di credito**

**3**  
**Consegna entro due giorni lavorativi**

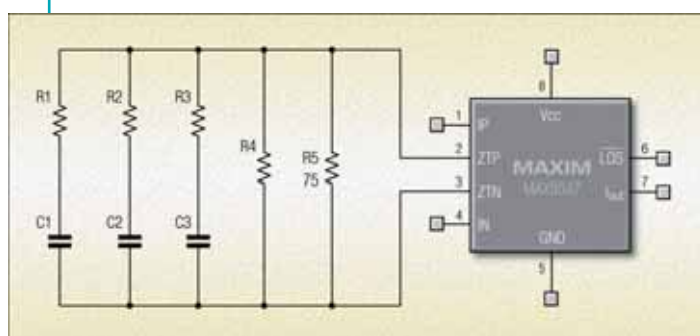
[intersil.com/ibuy](http://intersil.com/ibuy)

the EVOLUTION of ANALOG™

**intersil**®



**Fig. 6a - Schema applicativo dei dispositivi MAX9546 e MAX9547; la rete di equalizzazione è illustrata sul lato ricevente ai capi dei terminali di transconduttanza Zt+ e Zt-**



**Fig. 6b - Schema della rete di equalizzazione**

dimostrando l'effetto positivo dell'equalizzazione (vedere anche Fig.2). La figura 7b mostra la relativa immagine video visualizzata sul monitor TV.

L'immagine dell'oscilloscopio di figura 7c, confrontata con la figura 5b, illustra l'azione di correzione imposta dalla rete di compensazione su una connessione CAT5 lunga 300 metri. Essa presenta solo un piccolo eccesso di guadagno in DC sul fronte di salita della barra bianca dovuta all'equalizzazione alle

alte frequenze per compensare le perdite del cavo CAT5. Tuttavia, i 6 gruppi e il segnale di luminanza appaiono molto uniformi cosicché la qualità dell'immagine visualizzata sul monitor viene preservata nella sua integrità.

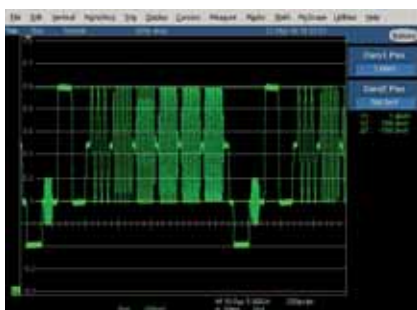
L'immagine dell'oscilloscopio di figura 7d, confrontata con la figura 5c, illustra l'azione di correzione imposta dalla rete di compensazione su una connessione CAT5 lunga 450 metri. In questo caso, sebbene il cir-

cuito di compensazione abbia aumentato il guadagno del ricevitore MAX9547 al massimo e non si riesca a ottenere una sufficiente equalizzazione e i segnali dei 6 gruppi non abbiano la stessa ampiezza, pur tuttavia la qualità dell'immagine visualizzata sul monitor viene visualizzata nella sua integrità (Fig. 7e). L'equalizzazione determina un migliore trasferimento del segnale video da riprodurre; l'aumentata qualità del segnale appare molto evidente confrontando la figura 7e con figura 3 (che mostra lo stesso segnale privo di equalizzazione).

In figura 7e il contrasto è molto migliore, tutte le barre sono nitide nonché ben definite e le divisioni delle barre più sot-

**Tabella 1 - Valori di compensazione RC per trasmissioni alle varie distanze descritte e misurate**

Distance,mt	Valori di compensazione per tre lunghezze di cavo CAT5							
	R1 Ω	C1 pFd	R2 Ω	C2 pFd	R3 Ω	C3 pFd	R4 Ω	R5 Ω
150	1800	820	270	470	147	390	820	75
300	120	1560	33	680	3.3	560	300	75
450	147	3300	35	1160	8.2	720	200	75



**Fig. 7a - Segnale "NTSC Multiburst" trasmesso su cavo CAT5 lungo 150 metri con equalizzazione**



**Fig. 7b - Immagine TV del segnale video mostrato in figura 7a**



**Fig. 7c - Segnale "NTSC Multiburst" trasmesso su cavo CAT5 lungo 300 metri con equalizzazione**



tili sono ben distinguibili. Dispositivi in grado di produrre guadagni superiori, quali i MAX4444 e MAX4145, possono essere usati per equalizzare e meglio compenseranno i segnali mostrati in figura 7d. Tuttavia, l'uso di guadagno troppo elevato conduce ad avere un'eccessiva equalizzazione e il rumore potrebbe divenire visibile sullo sfondo del monitor.

A seguito della massiccia introduzione di connessioni di rete per computer (Ethernet) anche in ambienti industriali, in molte applicazioni sarà possibile utilizzare i cavi a coppie intrecciate CAT5 già installati per abbattere i costi di un sistema di trasferimento segnali video. Col fine di ottenere una miglior immunità al rumore, di trasferire il segnale in maniera più integra e ottenere un'immagine di qualità superiore verrà quindi usata una trasmissione di tipo bilanciato. Tuttavia, la connessione CAT5 introduce elevate perdite che dovranno essere compensate da circuiti di equalizzazione. L'uso di

trasmettitori e ricevitori differenziali, poco costosi ma di elevata qualità, quali i MAX 9546 e MAX9547 che forniscono un elevato CMB e CMRR, permetteranno di gestire il problema della diafonia e del rumore attraverso un semplice ma efficace circuito di equalizzazione.

In sistemi a basso costo questi circuiti integrati, prodotti da Maxim, renderanno possibile la trasmissione di segnali video su lunghe distanze (450 metri) mantenendo la qualità dell'immagine originaria.

Infine, in applicazioni ove la qualità dell'immagine non deve essere eccelsa ma la distanza di trasferimento del segnale video ancor più elevata, le perdite dovute a una insufficiente equalizzazione saranno comunque compensate dai dispositivi Maxim così da ottenere un risultato efficacemente valido.

**Maxim Integrated Products**  
[readerservice.it](http://readerservice.it) n. 1

## Bibliografia

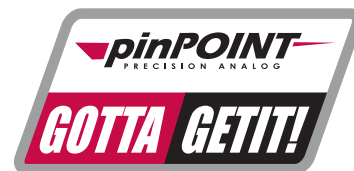
1. *Understanding Common Mode Signals*, Application Note # 2045, Maxim Integrated Products, [http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote\\_number/2045](http://www.maxim-ic.com/appnotes.cfm/appnote_number/2045)
2. *For Better Analog Video, Try Differential Signaling*, B. Stutz, J. Ivisic, M. Bekgran, *Electronic Design*, April 2007, <http://electronicdesign.com/Articles/Index.cfm?ArticleID=15380&pg=4>
3. MAX9546 / MAX9547 Datasheet, [http://www.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/4267](http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/4267)
4. MAX4444 Datasheet, [http://www.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/2118](http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/2118)
5. MAX4145 Datasheet, [http://www.maxim-ic.com/quick\\_view2.cfm/qv\\_pk/1532](http://www.maxim-ic.com/quick_view2.cfm/qv_pk/1532)
6. *High speed Signal Propagation - Advanced Black Magic*, H. Johnson, M. Graham, Prentice Hall PTR, 2003
7. *The Axia Guide to Choosing Category Cable*, Steve H Lampen, Belden Cable
8. *Using CAT5/5e/6 for Audio and Video Applications*, Steve H Lampen, Belden Cable
9. *Video and UTP*, Steve H Lampen, Belden Cable, 4/2/2006



**Fig. 7d - Segnale "NTSC Multiburst" trasmesso su cavo CAT5 lungo 450 metri con equalizzazione**



**Fig. 7e - Immagine TV del segnale video mostrato in figura 7d**



**Proprio ciò di cui avete bisogno!**

- ✓ **Amplificatori operazionali micropower di precisione**
- ✓ **Amplificatori di strumentazione**
- ✓ **Amplificatori per il rilevamento della corrente**
- ✓ **Riferimenti di tensione di precisione**
- ✓ **Convertitori analogico-digitale**
- ✓ **Potenzimetri digitali**

[intersil.com/pinpoint](http://intersil.com/pinpoint)

the EVOLUTION of ANALOG™

**intersil®**