

1.0	Concetti Base dell'interfaccia "Current Loop"	2
1.1	Circuito Half-duplex a 20 mA	3
1.2	Circuito Full-duplex a 20 mA	4
1.3	Esempio di implementazione di interfaccia Current Loop a 20 mA	5
1.4	Regolazione della Corrente nei circuiti "current loop"	6
1.4.1	Generatore di corrente costante.....	6
1.4.2	Limitazione di Corrente nel Trasmettitore	6
1.4.3	Limitazione di Corrente nel Ricevitore	7
2.0	Connessione all'interfaccia "Current-loop"	7
2.1	Connessione ad una porta "Current-Loop" attiva.....	8
2.2	Connessione ad una porta "Current-Loop" passiva	8
2.3	Interconnessione fra due Dispositivi "Current Loop" misti.....	9
2.4	Connessione Half Duplex	9
2.5	Connessione Half Duplex fra cinque dispositivi CL	10
2.6	Conversione TTL - "Current Loop"	10
2.7	Conversione RS232 - "Current Loop"	11
2.8	Intefaccia CL di un apparato SIDERMES	12
3.0	Che cosa non è la "Digital Current Loop"	12
3.1	Loop di Corrente Analogico 4 - 20 mA.....	12
	Bibliografia.....	13

Interfaccia Seriale Current Loop

prof. Cleto Azzani
 IPSIA Moretto Brescia

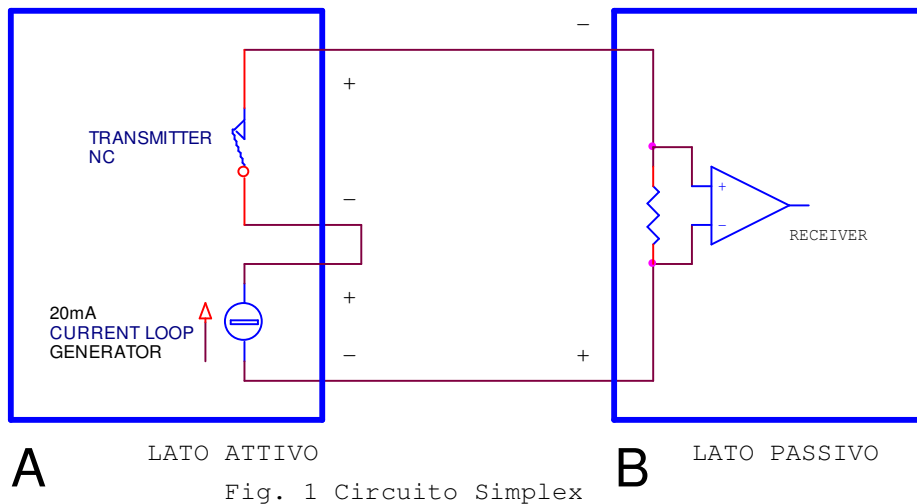
Aprile 2006

1.0 Concetti Base dell'interfaccia "Current Loop"

Con "current loop" si intende un circuito strutturato sotto forma di "maglia chiusa" all'interno della quale circola una corrente (0 - 20 mA); il segnale elettrico che si propaga nel circuito e trasporta a distanza l'informazione non è rappresentato da una tensione ma piuttosto da una corrente.

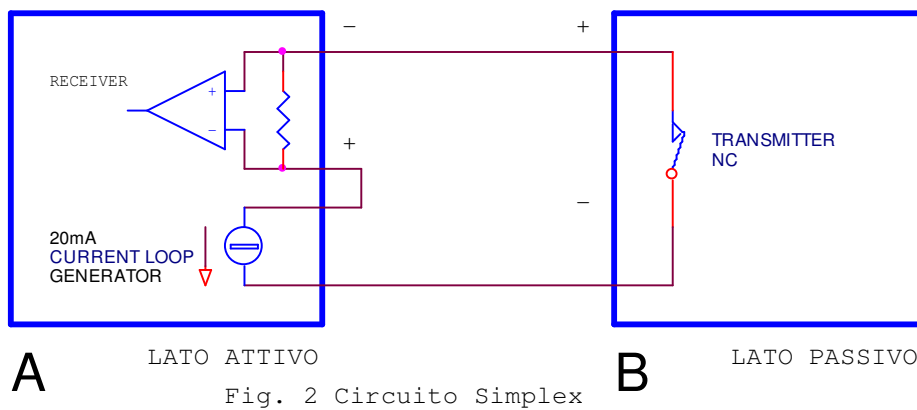
Le origini del "current loop" risalgono agli anni 60 in cui è stata introdotta la "telescrivente". Nel corso degli anni 70 e negli anni 80 l'interfaccia "current-loop" a 20 mA è stata applicata a diverse apparecchiature divenendo uno "standard de facto" in quanto nelle trasmissioni dati a lunga distanza ha offerto il miglior rapporto prezzo/prestazioni unitamente ad una elevata immunità ai disturbi. Con la introduzione, nel dicembre 1978, dello standard "EIA 422" e successivamente, nell'aprile 1983, dello standard "EIA 485" si è dato inizio alla applicazione delle trasmissioni dati di tipo differenziale bilanciato; si è ridotta la diffusione dell'interfaccia "current-loop" a 20mA.

Quattro sono gli elementi fondamentali che compongono un "current loop" elementare: a) un generatore di corrente, b) un trasmettitore (interruttore di corrente), c) un ricevitore, d) la linea bifilare che unisce il trasmettitore al ricevitore (vedi fig. 1).



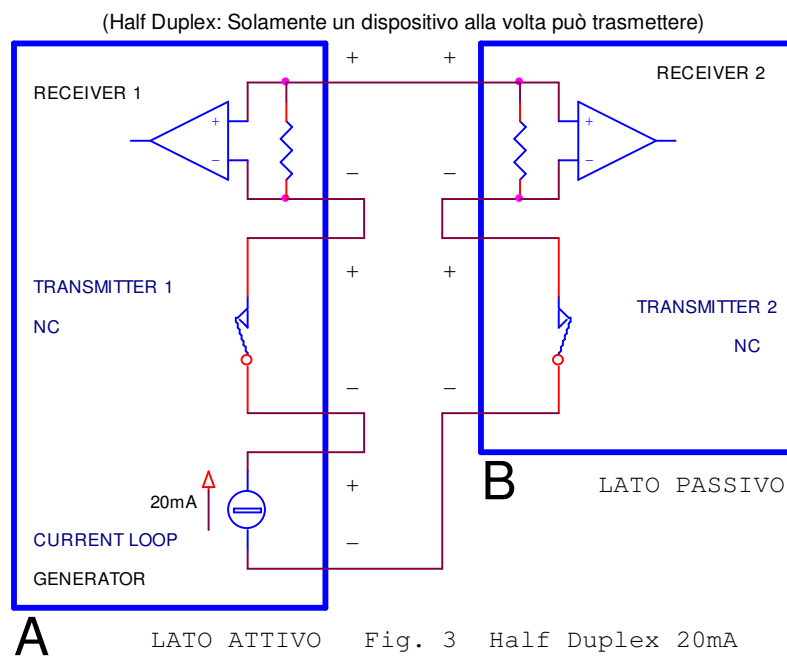
Il generatore di corrente può essere fisicamente incorporato nel trasmettitore (si parla in questo caso di trasmettitore attivo) o nel ricevitore (si parla in questo caso di ricevitore attivo) (vedi fig. 2).

In fig.1 è rappresentato lo schema di principio di un "current loop" costituito da un trasmettitore attivo connesso ad un ricevitore passivo. In fig.2 è rappresentato un sistema analogo costituito da un trasmettitore passivo connesso ad un ricevitore attivo. Nei due sistemi rappresentati in fig. 1 e in fig. 2 la trasmissione dati può avvenire solo in modo unidirezionale dal trasmettitore verso il ricevitore; si parla di sistemi di trasmissione di tipo "simplex".



1.1 Circuito Half-duplex a 20 mA

In fig. 3 è rappresentato lo schema di principio di un circuito “current loop” a 20 mA di tipo “half-duplex”. Il circuito trasmettitore è rappresentato dall'interruttore di corrente (current switch), e il ricevitore è rappresentato dal rivelatore di corrente (current detector). L'interfaccia che contiene il generatore di corrente è detta “unità-attiva” (*active unit*) tutte le altre sono definite “unità-passive” (*passive units*). In figura 4 è riportato una tabella che pone in relazione i livelli presenti in una interfaccia seriale RS-232 e i corrispondenti livelli di presenza o assenza di corrente che sono presenti in una interfaccia “current-loop”. In un circuito “current loop” a 20 mA la corrente circola quando il trasmettitore è in condizione di quiete (“idle” state) ossia quando non viene trasmesso alcun dato. In un circuito “simplex” ma anche in un circuito “half-duplex” i ricevitori e i trasmettitori sono sempre collegati in serie. In questo caso, quando un trasmettitore A invia dati, tutti i ricevitori (connessi in serie a quel trasmettitore) ricevono i dati trasmessi da A. Nel sistema riportato in fig. 3 è possibile che la stazione A trasmetta e B riceva oppure che B trasmetta e che A riceva ma senza che le due operazioni avvengano simultaneamente, si parla quindi di funzionamento in modalità “half-duplex”.



LATO RS232C	TENSIONI	CORRENTE NEL CL
SPACE	fra +3V e +15V	NULLA
Regione transizione	fra -3V e +3V	
MARK	fra -3V e -15V	20mA
IDLE STATE	fra -3V e -15V	20mA

Fig. 4 Confronto fra i livelli di segnale in un circuito RS232C e un circuito 20-mA Current Loop

1.2 Circuito Full-duplex a 20 mA

La figura 5 mostra lo schema di principio di un circuito "full-duplex" con interfaccia current loop a 20 mA. Con questo circuito è possibile una comunicazione simultanea bidirezionale. Questo circuito necessita di due generatori di corrente a 20 mA che alimentano per così dire le due interfacce quella associata al ricevitore e quella associata al trasmettitore. A titolo di esempio è opportuno ricordare che l'adattatore seriale originariamente introdotto dall'IBM sul proprio PC era dotato di interfaccia "current loop" corredata di un solo generatore di corrente.

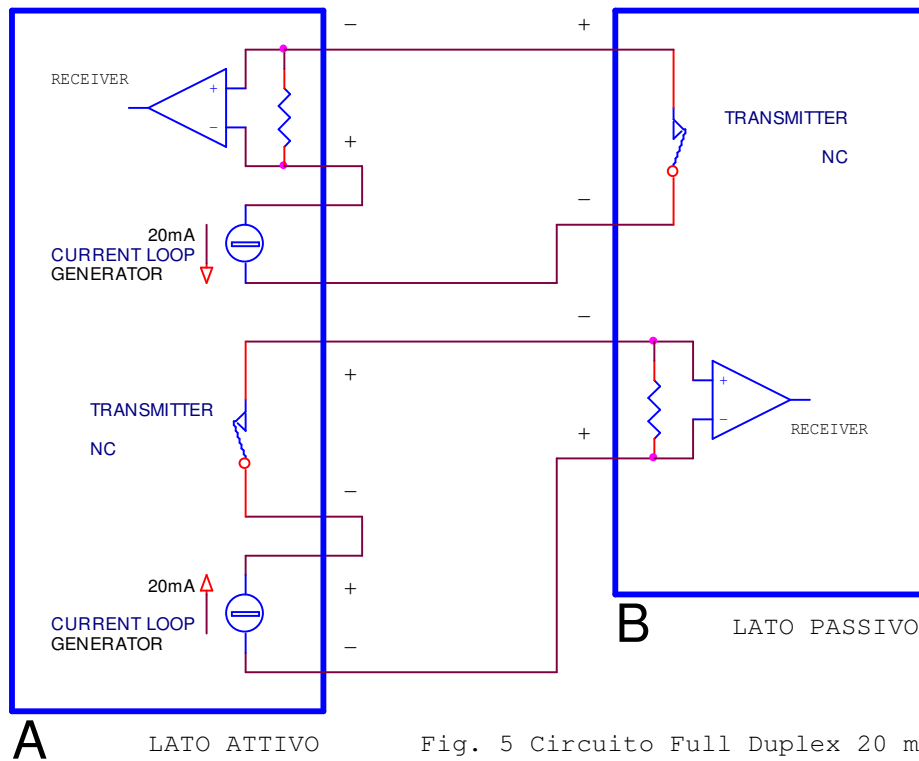


Fig. 5 Circuito Full Duplex 20 mA

1.3 Esempio di implementazione di interfaccia Current Loop a 20 mA

La interfaccia "current loop" a 20 mA, non è stata standardizzata attraverso la stesura di specifiche tecniche da rispettare in caso di sua implementazione. L'utente ha perciò la necessità di conoscere tutti i dettagli tecnici che riguardano i circuiti elettronici impiegati in ogni specifica applicazione.

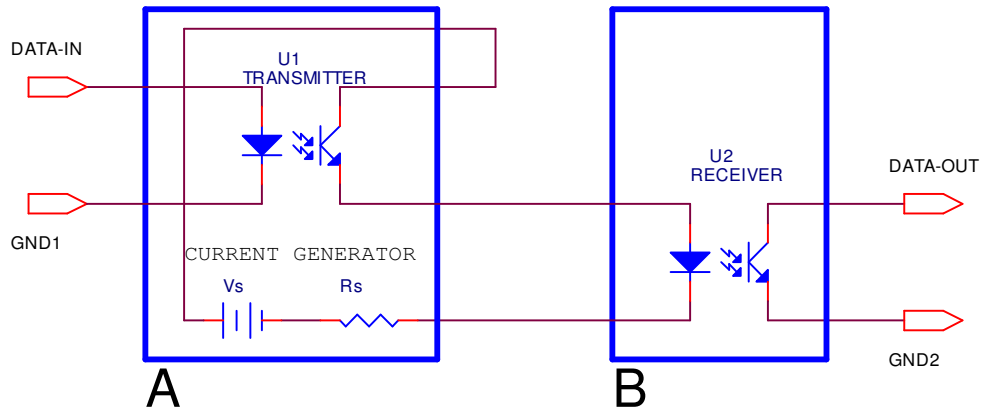


Fig.6. Connessione Simplex Current Loop

In figura 6 a titolo di esempio è riportato un circuito semplificato con il quale è possibile la trasmissione di dati dal dispositivo A verso il dispositivo B; in modalità "simplex". Il circuito è composto da due fotoaccoppiatori U1 ed U2, un generatore di tensione V_s ed una resistenza R_s . U1 rappresenta il circuito trasmettitore, mentre U2 rappresenta il circuito ricevitore. Il valore della corrente nella maglia, quando il trasmettitore è in condizioni di riposo ("idle") è data dalla relazione (KVL) :

$$I_{LOOP} = \frac{V_s - V_{TRANS} - V_{RECEIV}}{R_s}$$

Solitamente se il trasmettitore è ON (transistor saturo) $V_{trans}(U1) = 0.2 V$ e inoltre $V_{receiv}(U2) = 1.8 V$ poiché il LED (IRED di U2) conduce.

Ipotezzando che $V_s = 12 V$ ed $R_s = 470 \text{ Ohm}$ allora si ha:

$$I_{LOOP} = \frac{12 - 0.2 - 1.8}{470} = 21.3 \text{ mA}$$

Portando la tensione del generatore a $V_s = 60 V$ lasciando inalterata R_s la corrente nel loop cresce ad un valore attorno ai 120 mA mentre riducendo la tensione del generatore a $V_s = 5 V$ lasciando inalterata R_s la corrente nel loop scende ad un valore attorno ai 6 mA. Si può quindi osservare che la corrente nel circuito può variare considerevolmente se viene modificata la tensione del generatore ma ciò accade anche se viene modificato il valore della resistenza R_s .

L'aspetto più importante, dovuto alla presenza dei due isolatori ottici U1 e U2 di fig. 6, è l'isolamento galvanico introdotto fra circuito generatore dei dati (DATA-IN) e la maglia CL (contenente V_s ed R_s) e l'ulteriore isolamento galvanico introdotto fra maglia CL e ricevitore dati (DATA-OUT). Il doppio isolamento galvanico garantisce che eventuali disturbi presenti nella maglia CL (che può essere molto estesa e percorrere ambienti industriali altamente disturbati) non possono in alcun modo interagire né con il generatore di dati (DATA-IN) e neppure con il ricevitore di dati (DATA-OUT) garantendo al sistema di fig. 6 una elevata immunità ai disturbi. Si precisa che due circuiti A e B si definiscono "isolati galvanicamente" quando fra i due circuiti non esiste alcun contatto di tipo metallico.

1.4 Regolazione della Corrente nei circuiti “current loop”

Diversi metodi possono essere utilizzati per controllare la corrente in un “current loop”. Esaminiamone alcuni.

1.4.1 Generatore di corrente costante

In figura 5 viene presentato un circuito che fa uso di un regolatore di tensione integrato lineare funzionante da generatore di corrente. Quasi tutti i regolatori di tensione a tensione fissa o regolabile possono venire impiegati. In figura 6 è riportato un esempio che utilizza un regolatore di tensione LM317 a tensione variabile perchè richiede una piccola caduta di tensione o “dropout” (attorno a 3 V) per funzionare correttamente. Per esempio, se V_s nel circuito assumesse il valore 12V, la massima tensione erogabile dal generatore di corrente “compliance voltage” sarebbe pari a 9V (12V-3V). La resistenza R_g pari a 62 Ohm, determina con il suo valore la corrente erogata dal circuito; infatti la tensione di riferimento interna presente fra i pin VO e

ADJ vale 1,25V.

$$I_{LOOP} = \frac{1.25}{R_1} = \frac{1.25}{62} = 20mA$$

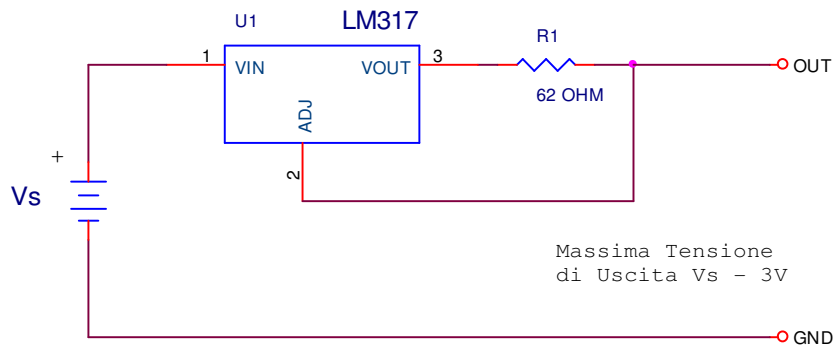


fig. 7 Generatore di Corrente Costante per Current Loop a 20mA

In un “current loop”, la somma di tutte le cadute di tensione presenti ai capi dei vari dispositivi deve essere inferiore alla tensione di alimentazione V_s . Ciascun dispositivo presente nella maglia sia che si tratti di un trasmettitore (current switch) sia che si tratti di un ricevitore (current detector), provoca una caduta di tensione ai suoi capi; ad esempio, un transistor interruttore ha ai suoi capi una caduta di tensione pari a 0,2V. Nella maggior parte dei convertitori “B&B Electronics”, la caduta di tensione ai capi del trasmettitore può raggiungere anche il valore di 2.3V quando l’interruttore è in stato ON. La ragione sta nel fatto che il dispositivo trasmettitore deve provvedere alla polarizzazione inversa del fototransistor interno al fotoaccoppiatore. Un fotoaccoppiatore utilizzato come ricevitore (current detector) presenta una caduta di tensione ai suoi capi compresa fra 1.2 e 2.0 volts.

1.4.2 Limitazione di Corrente nel Trasmettitore

Alcune interfacce “current loop” sono dotate di limitatore di corrente interno al circuito trasmettitore (current switch). In figura 6 è riportato un esempio di circuito che ha incorporato un circuito limitatore di corrente. Esso impedisce nei fatti che la corrente nel loop possa superare i 20mA. In questo circuito, R_g viene dimensionata in modo tale che, se la corrente nel loop tende a superare il valore di 20mA, Q2 provvede a dirottare verso massa parte della corrente di base del transistor Q1 in modo che la corrente di collettore di Q1 non superi il valore prefissato di 20mA. La corrente massima che percorre il “loop” e il collettore di Q1 è pari a :

$$I_{LOOP(max)} = \frac{V_{BEQ2}}{R_g} = \frac{0.7}{R_g}$$

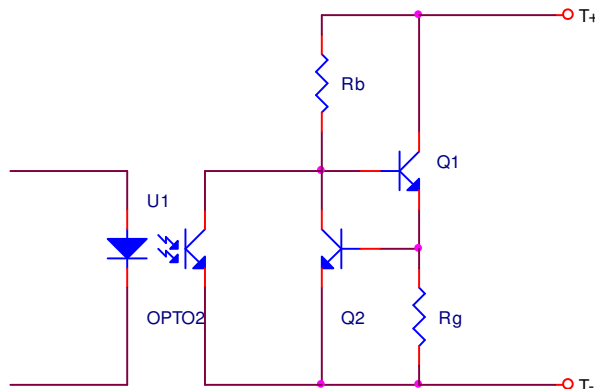


fig. 8 Limitatore di Corrente incorporato nel Trasmettitore

1.4.3 Limitazione di Corrente nel Ricevitore

Il circuito di fig. 7 viene utilizzato non per regolare la corrente nel “loop” ma per regolare la massima corrente nel diodo emettitore (I_{RED}) del foto-accoppiatore U1. Questa precauzione viene presa poiché alcuni foto-accoppiatori richiedono una corrente inferiore a 20mA per funzionare alla massima velocità. Il transistor Q1 viene usato come “by-pass” per “deviare” parte della corrente circolante nel “current-loop” attraverso il transistor Q1. La corrente massima che percorre il diodo LED a raggi infrarossi del foto accoppiatore è pari a :

$$I_{LED} = \frac{V_{BEQ1}}{R_g} = \frac{0.7}{R_g}$$

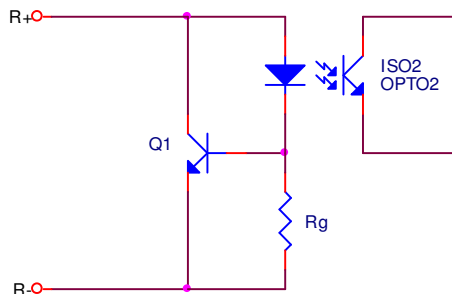


fig. 9 Limitatore di Corrente incorporato nel Ricevitore

2.0 Connessione all'interfaccia “Current-loop”

Per collegare il convertitore ad una porta “current-loop” bisogna innanzitutto stabilire se la porta è attiva o passiva. Ciò significa stabilire se la porta è dotata di un alimentatore interno che fornisca la corrente al trasmettitore, al ricevitore oppure ad entrambi (trasmettitore e ricevitore). Il modo più semplice per stabilirlo è di interrompere il loop (disconnettere il circuito) e vedere se si misura una tensione continua ai capi dei morsetti di ingresso e di uscita.

Se è possibile consultare il manuale di istruzioni qui potranno essere trovate le informazioni necessarie.

L'interfaccia Current loop è normalmente costituita da quattro conduttori (4 fili). Essi sono contrassegnati con T+, T-, R+, e R-. T+ e T- sono le linee connesse al trasmettitore; R+ e R- sono le linee connesse al ricevitore.

La interconnessione fra due dispositivi “current loop” è diversa a seconda che l'unità sia attiva o passiva.

2.1 Connessione ad una porta “Current-Loop” attiva

La connessione ad una porta “current loop” attiva è molto semplice. Basta effettuare i collegamenti come riportato in fig. 10. Si noti che l’unità A è di tipo passivo mentre l’unità B è di tipo attivo. I collegamenti fra l’unità B Attiva e la A Passiva dovranno essere effettuati in modo tale da alimentare correttamente dia il fototransistor dell’isolatore ottico U12 che il diodo LED dell’isolatore U2.

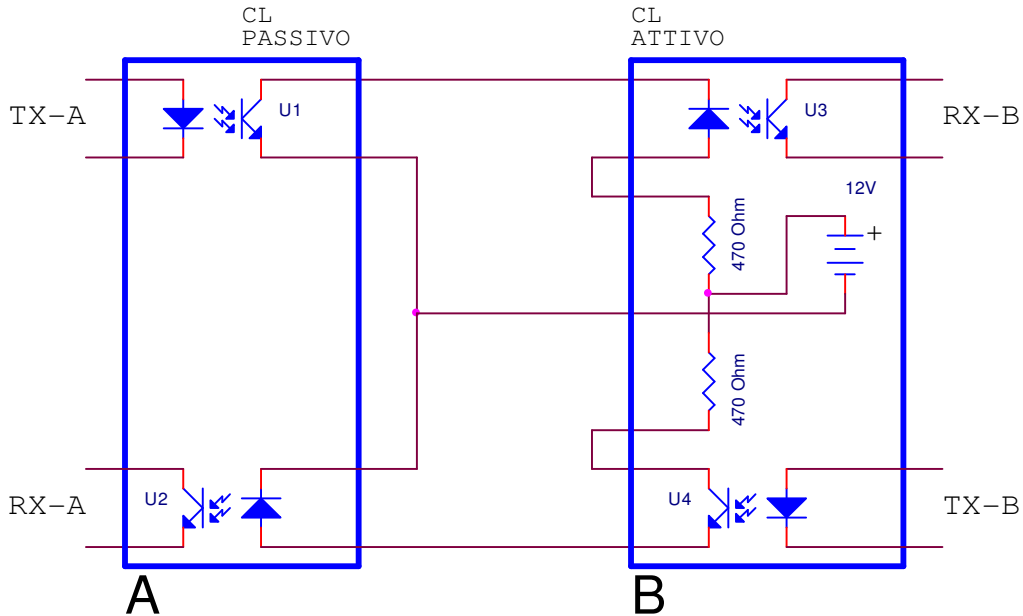


Fig. 10 Connessione FULL DUPLEX
A passivo B Attivo

2.2 Connessione ad una porta “Current-Loop” passiva

La connessione ad una porta “current loop” passiva è leggermente più difficile; richiede l’utilizzo di un alimentatore a 12V e di una resistenza da 470 ohm per produrre nel loop una corrente pari a 20 mA. Si veda lo schema di fig. 11.

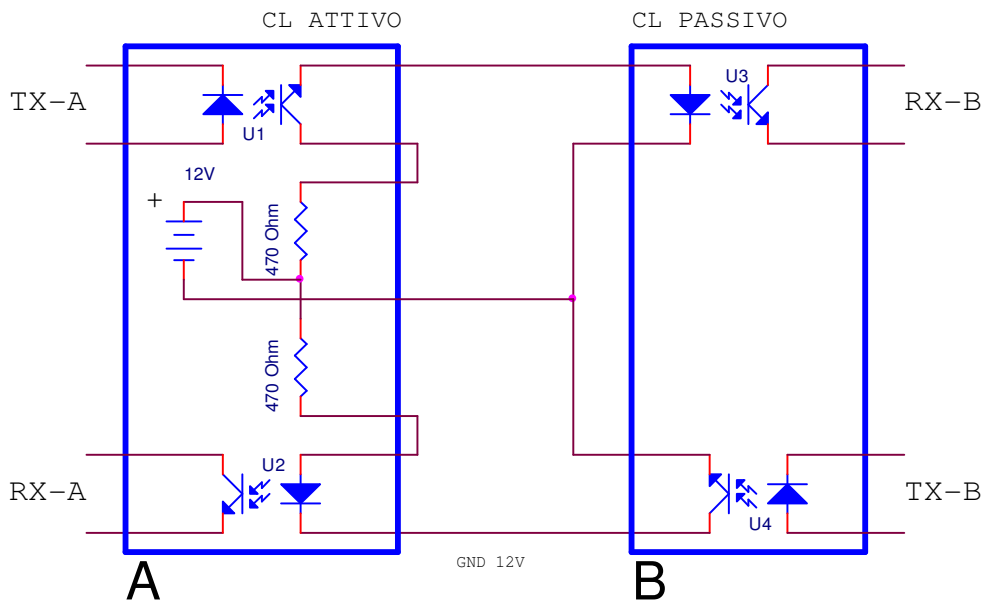


Fig. 11 Connessione Full Duplex
A Attivo B Passivo

2.3 Interconnessione fra due Dispositivi “Current Loop” misti

La interconnessione di due convertitori “current loop” B&B richiede l'utilizzo di un alimentatore a 12V dato che tali convertitori sono di tipo passivo (passive port). Si veda lo schema di fig. 12.

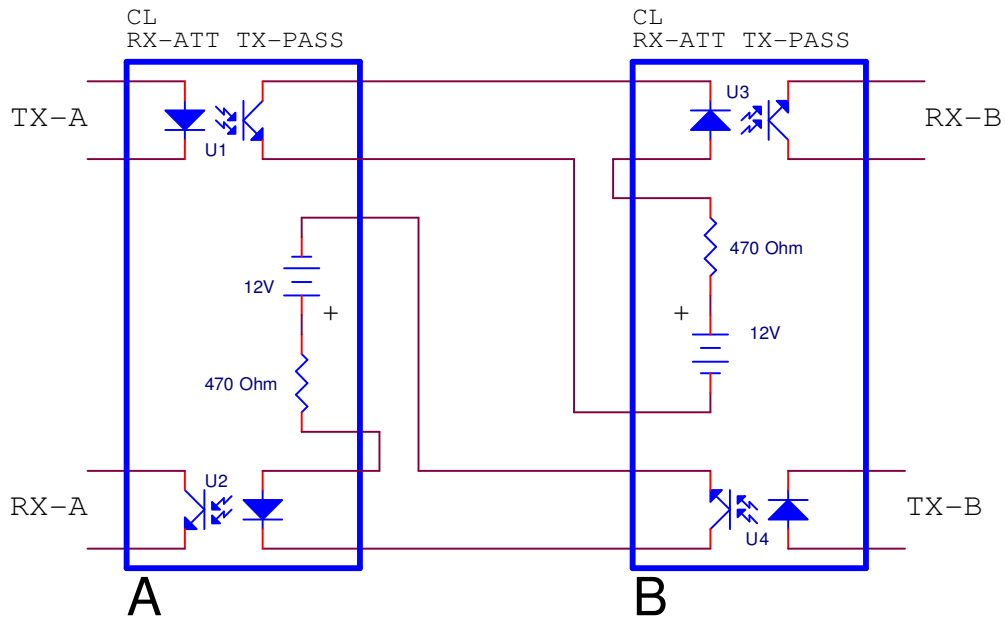


Fig. 12 Connessione Full Duplex fra RXA Attivo e TXB Passivo e fra RXB Attivo e TXA passivo

2.4 Connessione Half Duplex

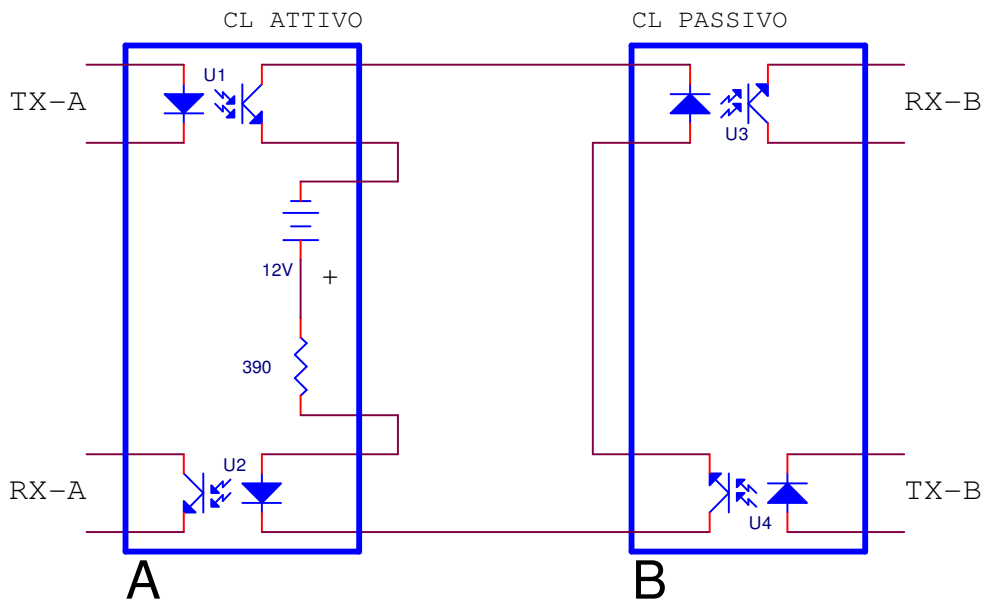


fig. 12b Connessione Half Duplex: A Attivo e B Passivo

In fig. 12b è riportato un esempio di connessione fra un apparato A CL Passivo e B CL Attivo. Come si nota osservando il circuito essendo la connessione a soli 2 fili, tutti gli elementi sono connessi fra di loro in serie. Ne consegue che il segnale trasmesso da TX-A oltre che venire ricevuto da RX-B viene pure ricevuto da RX-A. Questo fatto rappresenta in un certo senso una opportunità per verificare se le connessioni nel loop sono corrette ed se il circuito sta funzionando correttamente. Infatti qualora anche uno solo dei 4 dispositivi fosse stato collegato in modo errato, il segnale trasmesso da TX-A non percorrerebbe correttamente il loop e non raggiungerebbe perciò RX-A.

2.5 Connessione Half Duplex fra cinque dispositivi CL

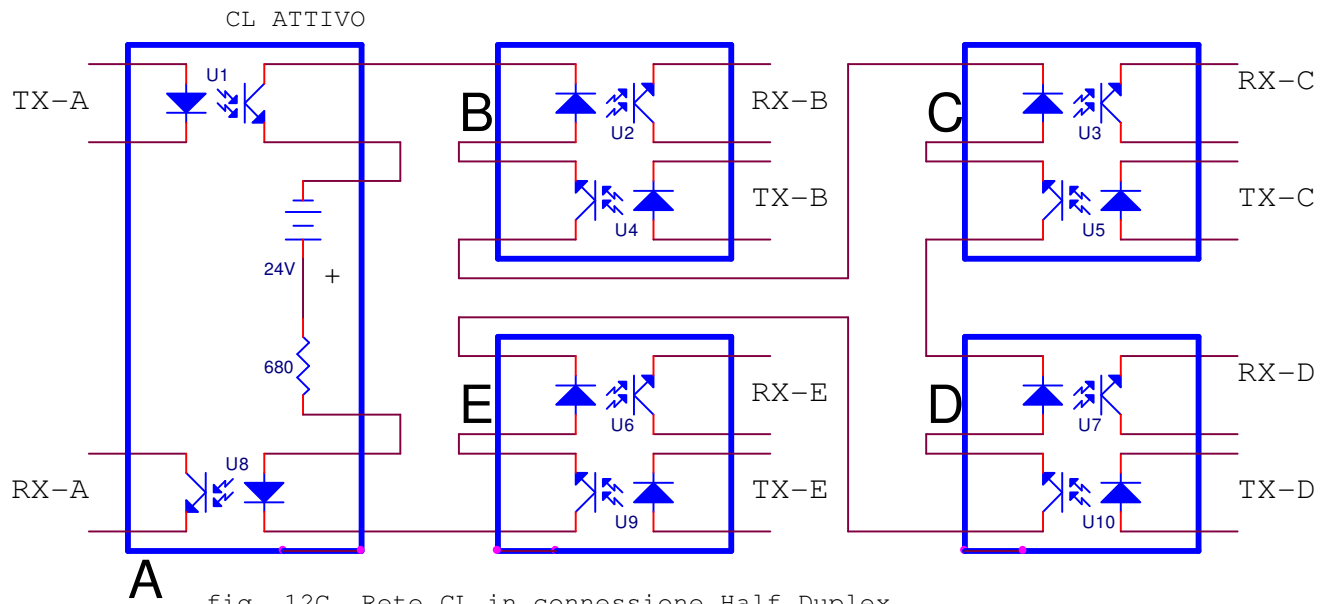


fig. 12C Rete CL in connessione Half Duplex

Il circuito riportato in fig. 12c permette di collegare in modalità "Half Duplex" 5 dispositivi CL di cui uno attivo (dispositivo A) e 4 passivi (dispositivi B,C,D,E). Come si nota dallo schema tutti i dispositivi sono fra di loro in serie di conseguenza le informazioni trasmesse da TX-A sono a disposizione di tutti i ricevitori da RX-A fino ad RX-E; dovrà essere perciò prestabilito un protocollo di comunicazione che consenta a TX-A di indirizzare il proprio messaggio, attraverso l'introduzione di un codice di identificazione del destinatario. In questo modo ogni ricevitore potrà, esaminando il messaggio ricevuto, verificare se il messaggio è suo e procedere quindi di conseguenza a riceverlo, memorizzarlo ed elaborarlo. Analogo discorso va fatto per tutti gli altri trasmettitori TX-B, TX-C, TX-D, TX-E, presenti nel loop.

2.6 Conversione TTL - "Current Loop"

Il circuito riportato in fig. 13 permette di trasformare il segnale TTL in segnale "Current Loop". Quando sul lato TTL è presente un livello logico basso "0", l'uscita del 7406 si trova a livello alto "1", il diodo LED a raggi infrarossi non è percorso da corrente ed il fototransistor è interdetto. Quando sul lato TTL è presente un livello logico alto "1", l'uscita del 7406 si trova a livello basso "0", il diodo LED a raggi infrarossi è percorso da corrente ed il fototransistor conduce.

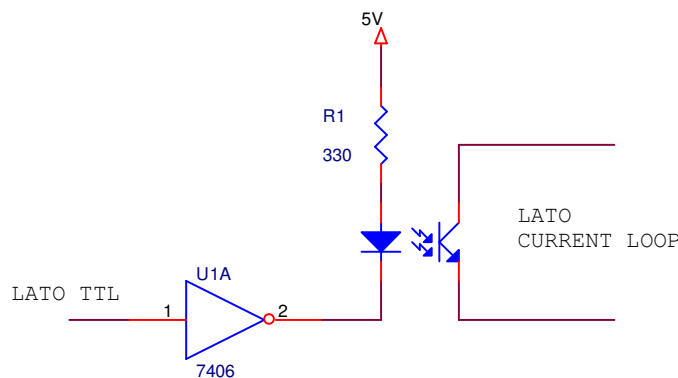


fig. 13 - Interfaccia TTL - Current Loop

Il circuito riportato in fig. 14 permette di trasformare il segnale "Current Loop" in segnale TTL.

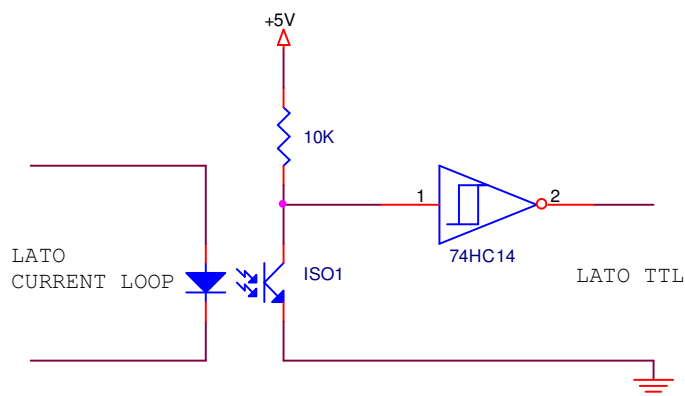


fig. 14 - Interfaccia Current Loop - TTL

Il circuito riportato in fig. 14 permette di trasformare il segnale "Current Loop" in segnale TTL. Quando sul lato CL è presente una corrente attorno ai 20 mA, il diodo LED a raggi infrarossi conduce, il fototransistor è saturo, la porta NOT 74HC14 ha in ingresso un livello logico "basso" 0 e fornisce in uscita un livello logico "alto" 1; se sul lato CL la corrente non circola, il fototransistor è interdetto, la porta NOT ha in ingresso un livello logico "alto" 1 e fornisce in uscita un livello logico "basso" 0.

2.7 Conversione RS232 - "Current Loop"

Il circuito riportato in fig. 15 permette di realizzare una interfaccia RS232 - "Current Loop".

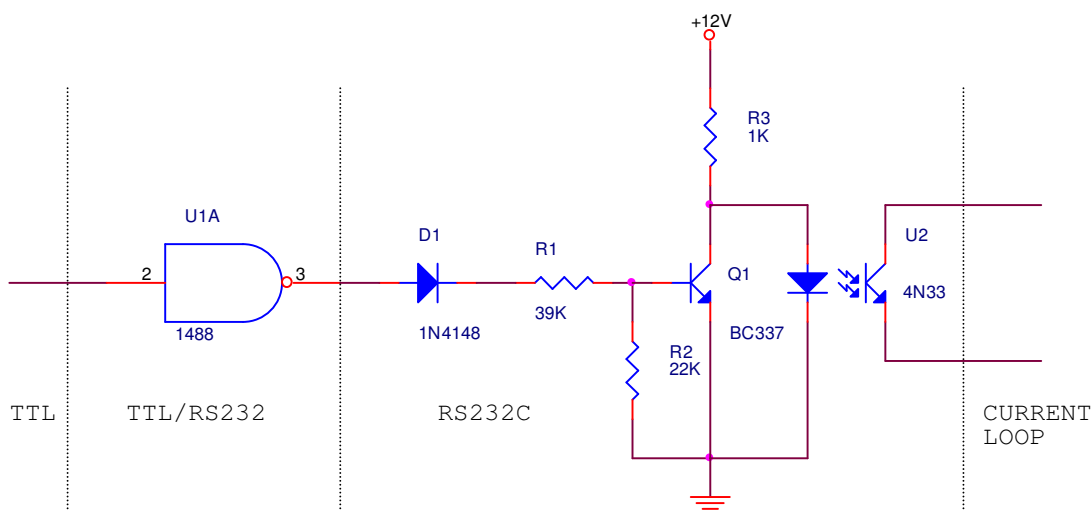


fig.15 Interfaccia TTL - RS232C - Current Loop

Il circuito riportato in fig. 15 permette di trasformare il segnale RS232 in segnale "Current Loop". Quando sul lato TTL è presente un livello "basso" 0, il segnale RS232 assume un livello compreso fra +3V e +12V, D1 conduce, Q1 è saturo, il fotoaccoppiatore U2 risulta interdetto. Quando sul lato TTL è presente un livello "alto" 1, il segnale RS232 assume un livello compreso fra -3V e -12V, D1 è interdetto, Q1 è interdetto, il fotoaccoppiatore U2 conduce (circola corrente nel Current Loop).

2.8 Intefaccia CL di un apparato SIDERMES

A titolo di esempio si forniscono le specifiche tecniche di un apparato utilizzato nei forni elettrici ad arco per la misura della temperatura di fusione dell'acciaio. Tale apparato prodotto dalla Sidermes è dotato di interfaccia "Current Loop".

1. Current loop attivo: 20 mA
2. Modalità di comunicazione : HALF-DUPLEX (2 fili)
3. Velocità di trasmissione: 600 BAUD
4. Protocollo di comunicazione: Seriale Asincrono 7E2 (7 bit + parity even + 2 bit di stop)

Lo scambio dati fra PC e dispositivo SIDERMES avviene con le seguenti modalità :

- a) Il PC invia il carattere di interrogazione ENQ (\$05)
- b) Il dispositivo SIDERMES risponde con NAK (\$15), se non ci sono messaggi da trasmettere, oppure attiva la propria sequenza dati (come indicato più avanti).
- c) Il PC, ricevuto il messaggio e verificato la sua validità, invia il carattere ACK (\$06).
- d) Il dispositivo SIDERMES riceve il carattere ACK e deduce che la trasmissione è andata a buon fine. In caso contrario, al successivo ENQ, ritrasmette il messaggio.

Struttura del messaggio dati SIDERMES

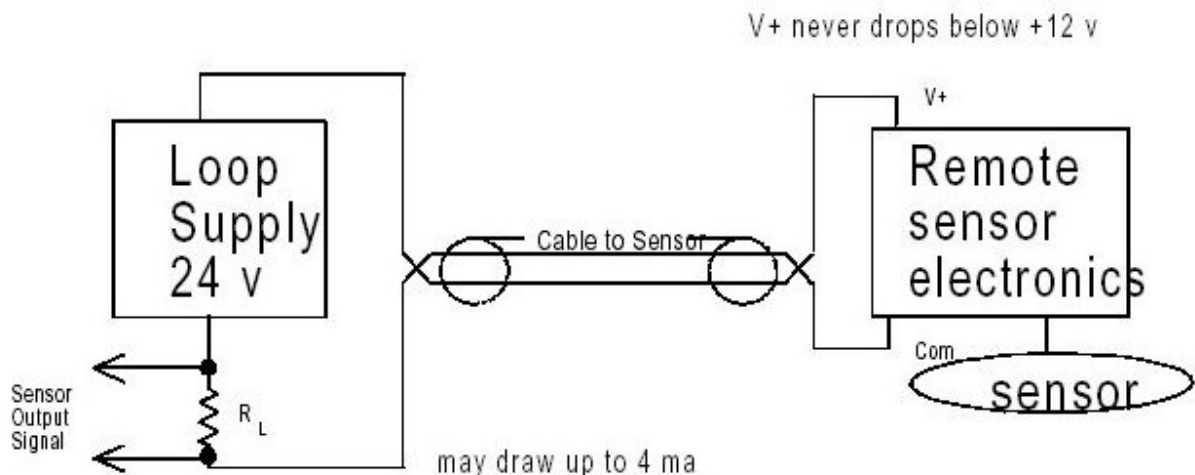
- ✓ Carattere ASCII 'T'
- ✓ Carattere ASCII 'Y'
- ✓ 6 cifre che identificano il dispositivo trasmittente;
- ✓ 4 cifre che esprimono la misura della temperatura in °C;
- ✓ Carattere ASCII 'C'
- ✓ Carattere EOT (\$04)

Esempio : TY0123451725C[\$04] totale 14 caratteri

3.0 Che cosa non è la "Digital Current Loop"

3.1 Loop di Corrente Analogico 4 - 20 mA

Il disegno riportato di seguito rappresenta un circuito current loop analogico 4 – 20 mA. Questo circuito è citato in questo contesto perché talora viene confuso con il current loop digitale a 20 mA. Lo scopo di un "current loop analogico 4 – 20 mA" è di trasmettere a distanza il segnale proveniente da un sensore analogico sotto forma di segnale di corrente. Con soli due fili è possibile inviare a distanza il segnale analogico e contemporaneamente alimentare il sensore (con un generatore da 24V come mostrato in figura).



Il sensore remoto regola o modula la corrente del loop in relazione alla grandezza misurata dal sensore. Una resistenza R_L collocata in serie al loop in corrispondenza della sorgente di alimentazione a 24V converte questa corrente in una tensione che può essere utilizzata da opportuni apparati elettronici per venire elaborata (registrazione o distribuzione dei dati misurati).

Bibliografia

Current Loop Application Note 1495 © Copyright 1995 B&B Electronics January 1995

B & B Electronics Mfg. Co.
707 Dayton Road - P.O. Box 1040
Ottawa, IL 61350 USA
Phone: (815) 433-5100 - Fax: (815) 433-5105
Home Page: www.bb-elec.com
Sales e-mail: orders@bb-elec.com - Fax: (815) 433-5109
Technical Support e-mail: support@bb-elec.com - Fax: (815) 433-5104