



Corso PV Expert

Lezione N°2

Sistemi SCADA per il fotovoltaico

Ing. Alessandro Bognesi

LinkedIn: <https://it.linkedin.com/in/alessandro-bognesi-ca>

15/11/2018

Indice degli argomenti:

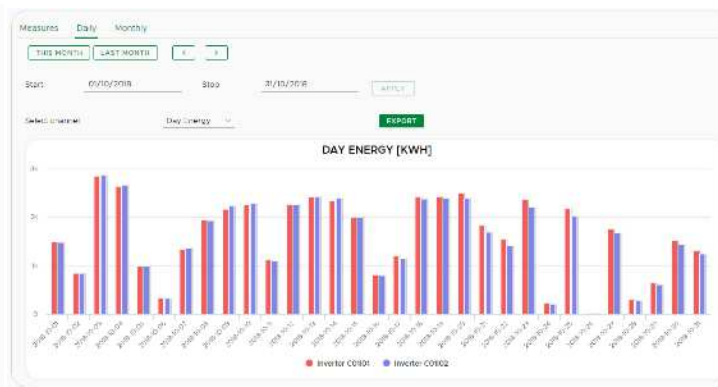
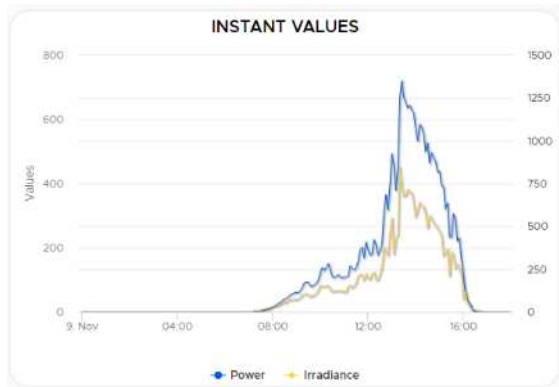
- Introduzione
- Elementi di un sistema SCADA
- Lo SCADA nel fotovoltaico
- Sistemi di comunicazione
- Interfacce e protocolli
- Confronto tecnologie
- Problematiche comuni



Introduzione

Definizione SCADA: dall'inglese "Supervisory Control And Data Acquisition", cioè "controllo di supervisione e acquisizione dati"

- Indica un sistema informatico distribuito per il monitoraggio elettronico di sistemi fisici.
- Tipicamente nel mondo fotovoltaico si effettua principalmente monitoraggio, il controllo remoto è applicato al più per il riarmo di interruttori.



```
X, Y1, Y2, Y3
1.96, 3.90, 4.76, 5.48
3.28, 4.87, 5.22, 6.39
4.15, 5.83, 6.26, 7.25
4.92, 7.08, 7.24, 8.33
6.31, 7.55, 8.86, 9.09
6.89, 8.10, 8.94, 10.10
8.03, 8.88, 9.34, 11.17
```



Elementi di un sistema SCADA

- uno o più sensori, che effettuano misurazioni di grandezze fisiche (irraggiamento, temperature, stato di interruttori, correnti, potenze, ...)
- uno o più microcontrollori, che possono essere PLC o microcomputer
- un computer supervisore (es. server), che periodicamente raccoglie i dati dai microcontrollori, li elabora per estrarne informazioni utili, storicizza dati, eventualmente fa scattare allarmi.
- Un sistema di telecomunicazione tra i microcontrollori e il supervisore. Può essere una rete di computer, oppure un insieme di linee seriali; può essere basato su cavo o su trasmissione radio



Lo SCADA nel fotovoltaico

SENSORI

I dati principali acquisiti da un sistema di monitoraggio per impianti fotovoltaici comprendono:

Dati di produzione di energia

- Contatori fiscali di produzione
- Energia prodotta dall'inverter

Irraggiamento solare (necessario per il calcolo del PR)

- 1 o più sensori di irraggiamento a seconda delle dimensioni del campo FV e tipologia dell'impianto (ad es. inseguitori)



Lo SCADA nel fotovoltaico

Altri dati utili per diagnostica e manutenzione:

Temperature (sonde Pt100-Pt1000)

- Ambiente
- Pannelli fotovoltaici

Dati di stringa

- Correnti di stringa in ingresso a i quadri di parallelo (QPS)
- Tensione in ingresso ai QPS
- Stato fusibili

Parametri di funzionamento degli inverter

- Potenza istantanea AC/DC
- Tensioni e correnti IN/OUT
- Temperature ambiente/IGBT
- Stati logici inverter (allarmi, warning)

Stato della cabina

- Temperatura trasformatori
- Stato interruttori



Lo SCADA nel fotovoltaico

MICROCONTROLLORI

Le grandezze rilevate dai sensori sono acquisite (mediante conversioni analogico/digitale) dai microcontrollori (PLC o PC embedded/microcomputer).

I microcontrollori possono essere già presenti all'interno degli apparati (ad es. negli inverter ed in alcuni QPS) o possono dover essere installati separatamente (come nel caso di sistemi di acquisizione dei dati di irraggiamento e temperatura).



Lo SCADA nel fotovoltaico

SUPERVISORE

Il supervisore è un server presente nell'impianto o in remoto che periodicamente raccoglie o riceve i dati dai microcontrollori, li elabora per estrarne informazioni utili, storicizza i dati (tramite db), genera allarmi e warning e permette la fruizione dei dati stessi tramite grafici, file o API.

Nei sistemi SCADA moderni il supervisore è un server remoto che riceve i dati dai microcontrollori/datalogger in campo tramite connessione internet.

Altre funzionalità del sistema di monitoraggio non direttamente connesse all'acquisizione dei dati ma utili per manutenzione e diagnostica sono:

- Gestione trouble tickets.
- Gestione tecnici.
- Reportistica avanzata.
- Generazione report economici.



Lo SCADA nel fotovoltaico

SISTEMA DI TELECOMUNICAZIONE

I microcontrollori o PLC per trasmettere i dati acquisiti al supervisore hanno bisogno di un'infrastruttura di comunicazione affidabile, specialmente rispetto ai disturbi elettromagnetici (EMC), per garantire la continuità di invio delle misure effettuate.

Tipicamente è richiesto un aggiornamento delle misure acquisite in un intervallo di tempo che può andare dai 5' ai 60'.

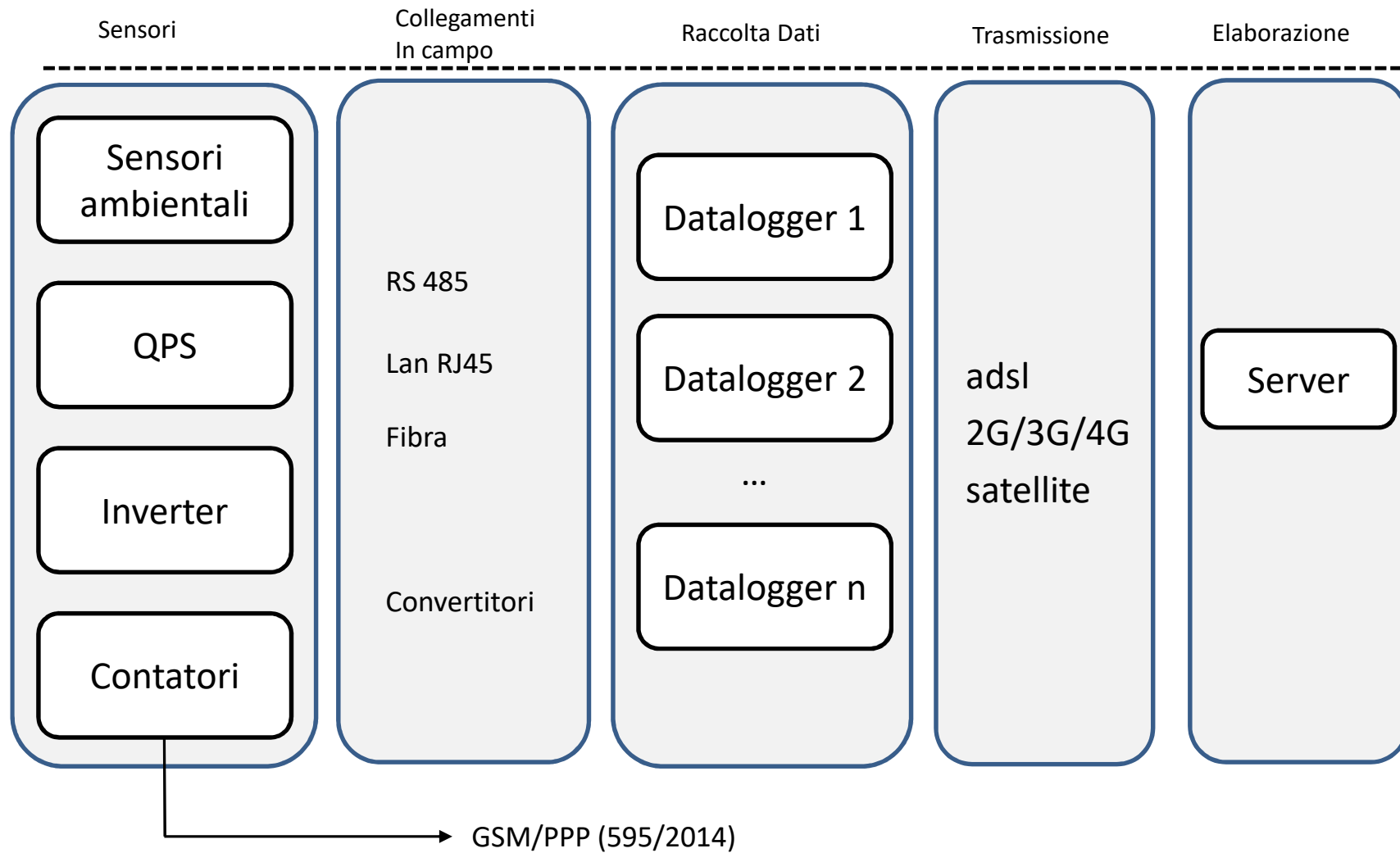
Gli standard di connessione più frequentemente utilizzati all'interno del campo fotovoltaico sono:

- Seriali RS232/485/422
- Ethernet
- Fibre ottiche

Ciascuno standard può essere utilizzato in una parte di impianto a seconda delle necessità specifiche.



Schema di principio



Sistemi di telecomunicazione: Interfacce e protocolli

Un sistema SCADA nella maggior parte dei casi include più interfacce e protocolli di comunicazione per via dei numerosi e vari apparati presenti.

INTERFACCIA: modalità di trasmissione dell'informazione

PROTOCOLLO: codifica dell'informazione

Di seguito si illustrano le situazioni più diffuse a seconda dei dispositivi coinvolti.

Interfacce di comunicazione:

Protocolli utilizzati:

INVERTER

- RS485/422
- Ethernet

- ModBus
- Proprietari

CONTATORI

- RS485
- Uscita impulsiva

- DLMS (IEC 62056-21)
- ModBus



Interfacce e protocolli

Interfacce di comunicazione:

Protocolli utilizzati:

Sensori Ambientali

- RS485/RS232
- Wireless

- ModBus
- Proprietari

QUADRI PARALLELO STRINGA

- RS485
- RS485 Wireless (868Mhz)

- ModBus



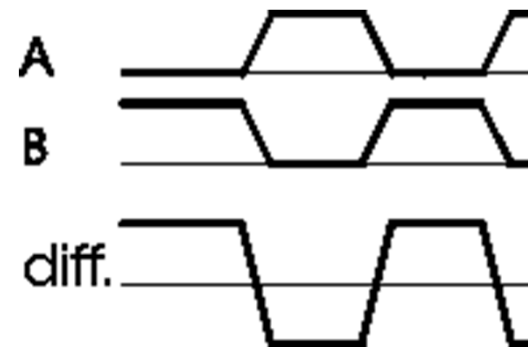
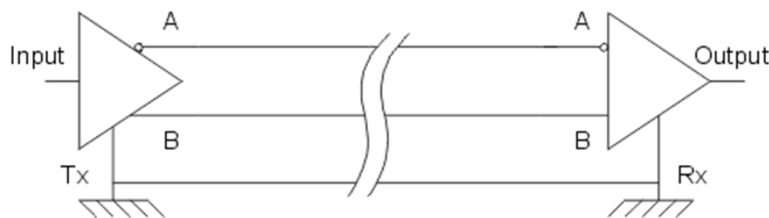
Interfacce e protocolli

Interfaccia EIA RS-485

E' una specifica a livello fisico di una connessione seriale a due fili, half-duplex e multipunto.

Lo standard specifica un sistema di gestione del segnale in forma differenziale: la differenza tra la tensione presente sui due fili costituisce il dato in transito. Una polarità indica un livello logico 1, quella inversa indica il livello logico 0.

La differenza di potenziale deve essere di almeno 0,2 V per un'operazione valida, ma qualsiasi tensione compresa tra +12 V e -7 V permette il corretto funzionamento del ricevitore.



Legenda segnali:

A aka '-' aka **Data - (D-)** aka **TxD-/RxD-**

B aka '+' aka **Data + (D+)** aka **TxD+/RxD+**

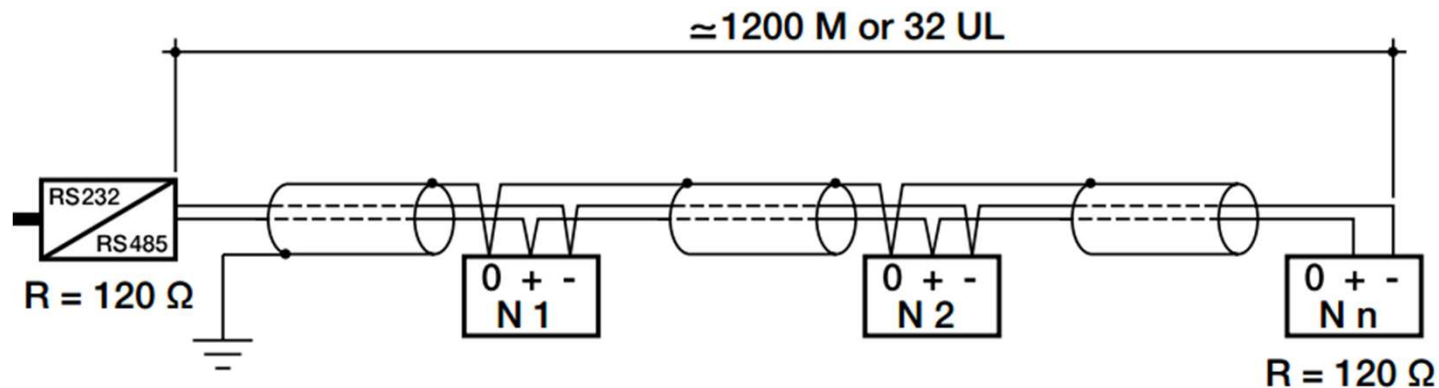
SC aka **G** aka **reference pin.**



Interfacce e protocolli

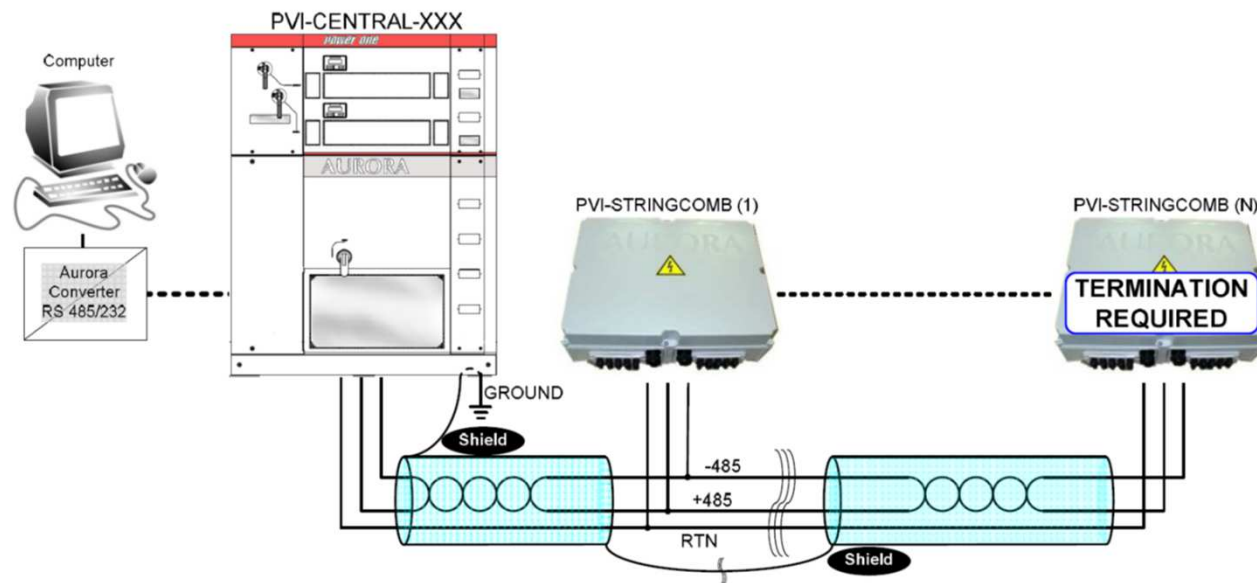
Interfaccia seriale EIA RS-485

- Tipologia bus “ENTRA-ESCI” (Daisy-chain), non ammessi rami più lunghi di 2m
- Cavo specifico per RS-485: max 1200m, Cavo CAT.5 UTP: max 600m
- Non è sempre possibile installare oltre 32 dispositivi su bus
- Velocità Massima: **115200bps**: fino a 85m; **9600bps**: fino a 1000m (con cavo specifico)
- Resistenze di terminazione linea: all’inizio e alla fine, 120 Ω ½ W



Interfacce e protocolli

Esempio di bus RS485 utilizzato per collegare quadri di stringa e inverter



Notare la schermatura connessa solo ad un'estremità a terra ed il segnale di riferimento RTN riportato a tutti gli apparati.

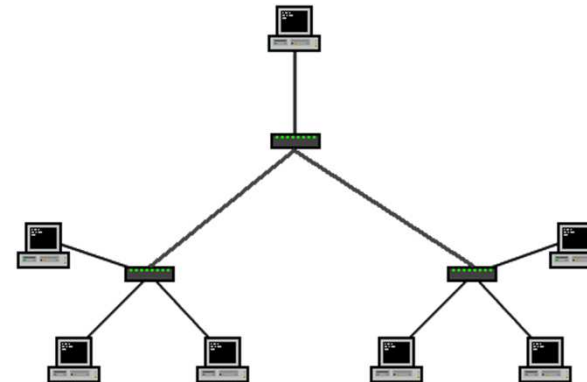


Interfacce e protocolli

Interfaccia di comunicazione Ethernet

E' una tecnologia a livello di strato fisico e collegamento utilizzata per realizzare reti locali (LAN)

- Distanza massima tra due dispositivi senza ripetizione di segnale: 100mt rame
- Velocità massima 10/100/1000Mbit/s a seconda della distanza e del tipo di cavo
- Ogni dispositivo connesso alla rete possiede un indirizzo MAC (indirizzo fisico univoco e non modificabile) e indirizzo IP (indirizzo di rete configurato dall'utente: ad es.192.168.7.3)

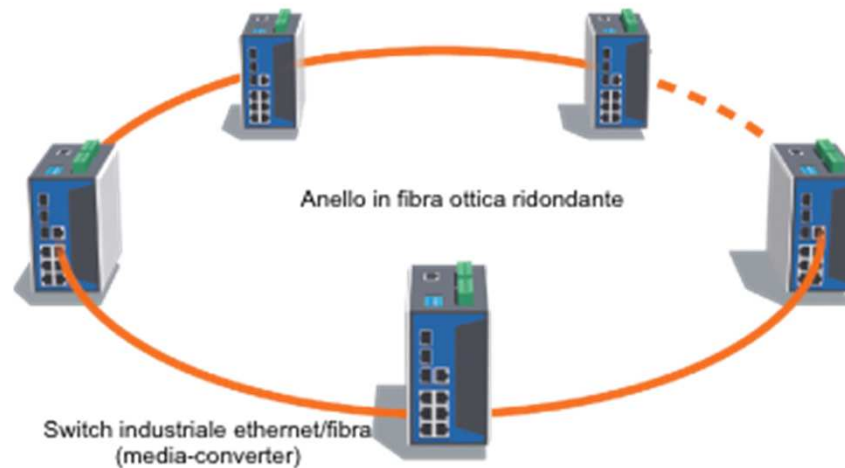


Interfacce e protocolli

Interfaccia di comunicazione Fibra ottica

E' una tecnologia a livello di strato fisico e collegamento utilizzata per realizzare reti locali (LAN)

- Distanza tra due dispositivi senza ripetizione di segnale < 80 km (tip. 4-5km)
- Velocità massima 100/1000Mbit/s a seconda della distanza e del tipo di fibra
- Immune ai disturbi elettromagnetici
- Usata come "estensione" di reti ethernet
- Possibilità di connessioni ad anello ridondanti



Confronto tecnologie

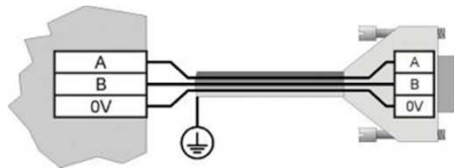
RS-485

PRO:

- Economico
- Facile installazione

CONTRO:

- Numero limitato di dispositivi
- Latenza



ETHERNET

PRO:

- Affidabile
- Veloce
- Utilizzabile per molti dispositivi (>100)

CONTRO:

- Apparati più complessi da configurare che richiedono personale qualificato



FIBRA OTTICA

PRO:

- Immune ai disturbi
- Affidabile
- Veloce
- Utilizzabile su lunghe distanze (km)

CONTRO:

- Più costoso
- Apparati più complessi da configurare che richiedono personale qualificato



Interfacce e protocolli

Protocollo ModBus

Il protocollo MODBUS definisce il formato e la modalità di comunicazione tra un "master" che gestisce il sistema e uno o più "slave" che rispondono alle interrogazioni del master.

Il protocollo definisce come il master e gli slave stabiliscono ed interrompono la comunicazione, come trasmettitore e ricevitore devono essere identificati, come i messaggi devono venire scambiati e come gli errori rilevati.

- Numero massimo di dispositivi ammessi dal protocollo: 247 più il master.
- Solo il master può iniziare una transazione.
- Una transazione è composta da una struttura singola domanda/singola risposta o una struttura singolo messaggio broadcast/nessuna risposta.
- La codifica può essere: ASCII (caratteri leggibili da terminale ma meno efficiente) o RTU (binario, più utilizzato)



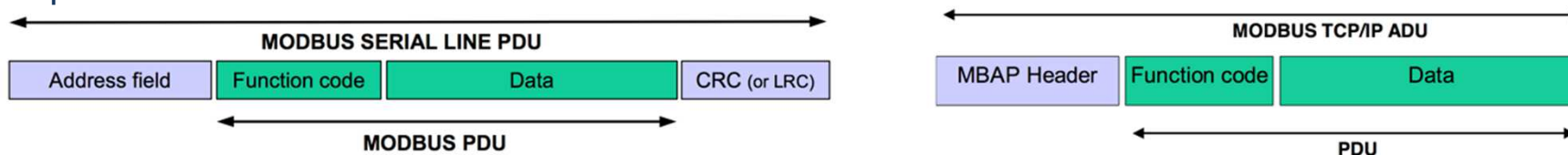
Interfacce e protocolli

Protocollo ModBus – formato dei messaggi

Il ModBus può “viaggiare” sia su interfacce seriali (RS485) sia su Ethernet. Lo scambio di dati tra il dispositivo master e gli slave avviene tramite lo scambio di messaggi contenuti in pacchetti di dati. Modbus stabilisce il formato di questi messaggi che devono contenere:

- *L'indirizzo del dispositivo a cui è destinato il messaggio*
- *Il codice della funzione richiesta*
- *Il registro da interrogare (o i registri) (campo data)*
- *Il codice di controllo d'errore (non necessario nel caso di trasporto su Ethernet)*

Ciascun elemento del messaggio è rappresentato mediante 1 o più byte disposti nel pacchetto o frame nell'ordine indicato



Interfacce e protocolli

Protocollo ModBus – formato dei messaggi

Codice funzione

I codici funzione indicano il tipo di richiesta che il master vuole sia effettuata dal dispositivo slave. Le richieste più comuni sono le letture degli Holding Register o degli Input Register (funz. 03 e 04).

<u>Funzione</u>	<u>Descrizione</u>
01	Read Coil Status
02	Read Input Status
03	Read Holding Registers
04	Read Input registers
05	Force Single Coil
06	Prese! Single register
07	Read Status
15	Force multiple Coils
16	Preset Multiple Registers



Interfacce e protocolli

Protocollo ModBus – formato dei messaggi

Dati e codice di controllo d'errore

Ogni messaggio sul bus, sia che provenga dal master o che sia una risposta di uno slave, contiene al termine del messaggio un codice di controllo d'errore detto CRC.

Il CRC è il risultato di una serie di calcoli a partire dai byte costituenti il messaggio.

Il dispositivo che riceve il messaggio calcola anch'esso il CRC e lo confronta con quello ricevuto dal mittente. In caso di un errore in trasmissione dove uno o più dati siano stati corrotti, il codice CRC ricevuto sarà differente da quello calcolato e pertanto il messaggio verrà scartato.



Interfacce e protocolli

Protocollo ModBus RTU – formato dei messaggi - richiesta

Esempio di trasmissione e ricezione: una PLC richiede il valore di temperatura di un QPS connesso con interfaccia RS485 e protocollo ModBus.

Nell'esempio il registro contenente il valore di temperatura è di tipo "Input register", il registro è "00 11" e il valore è espresso in 1/10 °C

Frame di richiesta dal master (PLC):

09 04 00 11 00 01 60 87

09: indirizzo destinatario
04: codice funzione (read Input Register)
00 11: registro richiesto
00 01: numero di registri
60 87: CRC

Le informazioni relative al codice funzione, tipo di registro e ai valori ad esso associati si trovano nelle cosiddette ModBus maps" (mappe Modbus) fornite dai produttori.



Interfacce e protocolli

Protocollo ModBus RTU – formato dei messaggi - risposta

Frame di risposta dallo slave (QPS Weidmuller):

09 04 02 01 36 D9 77

09: indirizzo mittente

04: codice funzione

02: lunghezza in byte della risposta (2 byte)

01 36: il valore contenuto nel registro richiesto dal master

D9 77: CRC

In questo caso il valore richiesto è “01 36” ($0x136$ o 136_{16}) che corrisponde a 310_{10} ovvero $31,0^{\circ}\text{C}$



Problematiche comuni

Problemi di connessione

RS-485:

- Errata installazione delle resistenze di terminazione
- Errata connessione della schermatura
- Connessioni lente
- Uso di cavi non adeguati
- Apparatì di bassa qualità

ETHERNET/FIBRA OTTICA:

- Connettori lenti/danneggiati
- Cavi danneggiati
- Distanza troppo elevata tra i dispositivi

Problemi di configurazione

RS-485:

- Errato indirizzamento dei dispositivi
- Errata velocità di comunicazione

ETHERNET/FIBRA OTTICA:

- Errato indirizzamento dei dispositivi
- Errata configurazione dei



Problematiche comuni

Ricerca guasti su bus RS485 attivo

- Verificare che siano inserite le resistenze di terminazione SOLAMENTE sull'ultimo dispositivo del bus e sul master/PLC.
- Prestare attenzione al fatto che la resistenza può essere attivata tramite dipswitch o ponticello direttamente sui dispositivi o esterna, montata direttamente sui morsetti.
- Misurare con un tester la tensione fra i due morsetti del bus. Si dovrebbero leggere tensioni tra 0,4 e 5V tipicamente intorno ad 1,5V.
- Scollegare il conduttore di riferimento (RTN/GND)
- Scollegare l'eventuale schermatura del cavo da tutti i dispositivi del bus.



Problematiche comuni

Ricerca guasti su bus RS485 non attivo (dispositivi non alimentati)

- Misurare con la resistenza fra i 2 conduttori. Si dovrebbe leggere un valore compreso tra 50 e 500 ohm dipendente dalle resistenze di terminazione usate.
- Valori < 50 ohm indicano solitamente che sono inserite più di 2 resistenze di terminazione.
- Valori $> 60-100$ ohm potrebbero indicare che non sono state inserite resistenze del giusto valore.



Monitoraggio contatori dopo la 595/2014

Con la Delibera del 4 dicembre 2014 n. 595/2014, l'Autorità per l'energia elettrica il gas e il sistema idrico ha stabilito nuovi criteri per il servizio di misura dell'Energia Prodotta da impianti tradizionali, cogenerativi o da fonti rinnovabili, quali fotovoltaico, eolico o idroelettrico.

Per quanto riguarda gli impianti fotovoltaici tutti i contatori di produzione devono essere adeguati e quindi dotati di un modem GSM che ne consenta la telelettura da parte del gestore.

Interfaccia utilizzata: MODEM GSM/PPP

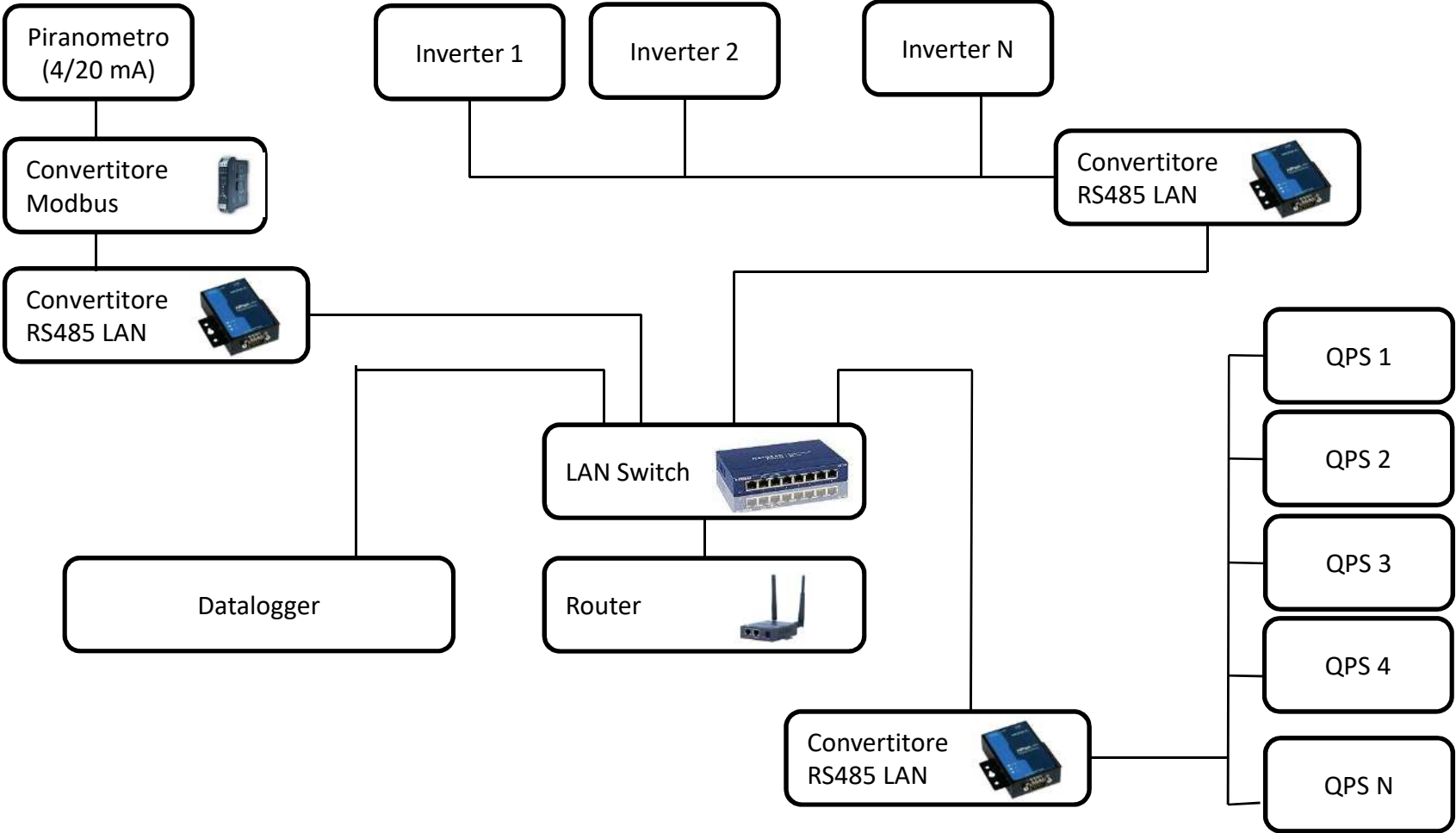
Protocolli: proprietari dei produttori di contatori (è stata pubblicata una lista di contatori approvati da Enel Distribuzione)

Principali problemi: blocco dei modem / mancata copertura GSM / mancata manutenzione dei modem

Conseguenze mancata lettura: produzione non comunicata al GSE quindi calcolo errato degli incentivi (o blocco in casi estremi)



Use case 1 (Singola Cabina)



Problematiche comuni Monitoraggio QPS

Soprattutto i QPS sono soggetti a guasti e malfunzionamenti dovuti ad interferenze, scariche, sovratensioni, infiltrazioni d'acqua.

Questo causa frequenti guasti alle singole schede dei QPS.

Molti impianti sono stati progettati (per motivi di spesa) con un'unica dorsale RS485 di collegamento fra tutti i QPS. In questo caso la lunghezza della dorsale può superare anche 1 Km ed è particolarmente soggetta a sovratensioni e degrado del segnale digitale.

Una singola scheda rotta può compromettere il funzionamento dell'intera dorsale di monitoraggio lasciando tutti i QPS senza monitoraggio.



Possibili soluzioni

- Utilizzare diverse dorsali per gruppi ridotti di QPS
- Utilizzare ripetitori rs485 optoisolati disposti regolarmente lungo la dorsale
- Utilizzare convertitori rs485/wireless per evitare di dover effettuare scavi

