

**PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE AD ONDE  
CONVOGLIATE PER SISTEMI DI TELEGESTIONE  
DEGLI IMPIANTI LFM**

Parte	Titolo
PARTE I	INTRODUZIONE
PARTE II	GENERALITA'
PARTE III	MODELLO DI COMUNICAZIONE
PARTE IV	PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE

*A termine di legge Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. si riserva la proprietà di questo documento, che non potrà essere copiato, riprodotto o comunicato ad altri senza esplicita autorizzazione.*

Rev.	Data	Descrizione	Verifica Tecnica	Autorizzazione
A	16/11/2015	Emissione per applicazione	C. Spalvieri	D. Carillo
			<i>C. Spalvieri</i>	<i>D. Carillo</i>

**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
2 di 27

**INDICE**

<b>I</b>	<b>INTRODUZIONE</b>	<b>5</b>
<b>I.1</b>	<b>Scopo</b>	<b>5</b>
<b>I.2</b>	<b>Acronimi</b>	<b>5</b>
<b>I.3</b>	<b>Documentazione correlata</b>	<b>5</b>
<b>II</b>	<b>GENERALITÀ</b>	<b>6</b>
<b>II.1</b>	<b>Principio d'incapsulamento</b>	<b>6</b>
<b>II.2</b>	<b>Specifica d' incapsulamento</b>	<b>8</b>
II.2.1	Messaggi modbus	8
II.2.2	Scheduling dei messaggi da parte dei moduli	8
II.2.3	Rete di moduli	8
<b>III</b>	<b>MODELLO DI COMUNICAZIONE</b>	<b>9</b>
<b>III.1</b>	<b>Scheduling dei messaggi</b>	<b>10</b>
<b>III.2</b>	<b>Multicast</b>	<b>10</b>
<b>III.3</b>	<b>Messaggi spontanei</b>	<b>10</b>
<b>IV</b>	<b>PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE</b>	<b>11</b>
<b>IV.1</b>	<b>Funzioni del protocollo</b>	<b>11</b>
<b>IV.2</b>	<b>Read Input registers</b>	<b>11</b>
IV.2.1	Preset Single register	12
IV.2.2	Preset Multiple register	12
IV.2.3	Send Input registers	13
IV.2.4	Aree di memoria	14
IV.2.5	Generalità	15
<b>IV.3</b>	<b>Dati dei dispositivi</b>	<b>15</b>
IV.3.1	MAD-RED	15
IV.3.1.1	Stato	15
IV.3.1.2	Configurazione	17

**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
3 di 27

IV.3.1.3	Comandi	18
IV.3.2	MAD-ILL (Lampada STD-LED)	18
IV.3.2.1	Stato	18
IV.3.2.2	Configurazione	19
IV.3.2.3	Comandi	20
IV.3.3	MAD-MIS	20
IV.3.3.1	Stato	20
IV.3.4	MAD-DIV	21
IV.3.4.1	Stato	22
IV.3.4.1.1	Tipi di espansione	22
IV.3.4.2	Codifica degli slot	22
IV.3.4.2.1.1	Espansione 8 Ingressi Digitali DI	22
IV.3.4.2.1.2	Espansione 8 Uscite Digitali DO	23
IV.3.4.2.1.3	Espansione 4 Ingressi – 4 Uscite Digitali	23
IV.3.4.2.1.4	Espansione 2 Ingressi -2 Uscite Analogiche	23
IV.3.4.2.1.5	Espansione Interna (2 Ingressi – 1 Uscita Relè)	23
IV.3.4.3	Configurazione	23
IV.3.4.4	Comandi	24
IV.3.5	MAD-DIV-ZIGBEE	25
IV.3.6	Funzioni speciali	26
IV.3.6.1	Reset del dispositivo	26
IV.3.6.2	Versione firmware	26
IV.3.6.3	Identificazione	27

**Indice delle tabelle**

Tabella 1 – Header del messaggio .....	7
Tabella 2 – Modbus: Funzione Read Input Register .....	11
Tabella 3 – Modbus: Risposta alla funzione Read Input Register .....	12
Tabella 4 – Modbus: Funzione Preset Single Register .....	12
Tabella 5 – Modbus: Funzione Preset multiple Register .....	13
Tabella 6 – Modbus: Risposta alla Funzione Preset multiple Register .....	13
Tabella 7 – Modbus: Funzione Send Input Register .....	13
Tabella 8 – Modbus: Risposta alla funzione Send Input Register .....	14
Tabella 9 – Mappa memoria per i moduli .....	14
Tabella 10 – Tipologie di moduli e loro codifica esadecimale .....	15
Tabella 11 – Pacchetto di Stato del MAD-RED .....	16
Tabella 12 – Definizione del byte Stato Cavo .....	16
Tabella 13 – Definizione del byte Stato sensore temperatura .....	16
Tabella 14 – Definizione del byte Stato Digitale .....	16
Tabella 15 – Pacchetto di Configurazione periferica .....	17
Tabella 16 – Byte Configurazione sensore .....	17
Tabella 17 – Pacchetto di lettura configurazione .....	17
Tabella 18 – Comando accensione uscita MAD-RED .....	18
Tabella 19 – Pacchetto di Configurazione periferica .....	19
Tabella 20 – Comando Reset .....	26
Tabella 21 – Comando versione FW .....	26
Tabella 22 – Risposta al comando versione FW .....	26
Tabella 23 – Comando di identificazione modulo .....	27
Tabella 24 – Risposta al comando d'identificazione .....	27

## **I INTRODUZIONE**

### **I.1 Scopo**

Scopo della presente Specifica Tecnica è quello di definire il protocollo di comunicazione ad Onde Convogliate per sistemi di telegestione degli impianti LFM ed utenze previsti dalla STF DPR DIT STF IFS LF 627.

### **I.2 Acronimi**

Acronimi	
UdQ	Unità di Quadro
MAD	Modulo d'Acquisizione Dati
C-MAD	Concentratore dei Moduli d'Acquisizione Dati
PAN	Private Area Network
PDU	Protocol Data Unit
ADU	Application Data Unit
MBAP	MODBUS Application Protocol Header
FCS	Frame Check Sequence
G3-PLC	G3 Power Line Communication

### **I.3 Documentazione correlata**

*1901.2-2013 IEEE* - Standard Internazionale per le comunicazioni Power Line a Bassa Frequenza (meno di 500kHz) per applicazioni in Smart Grid Standard B. Rilasciato dall' I.E.E.E. Institute of Electrical and Electronics Engineers in data 02-2013.

*RFI DPRDIT STF IFS LF627 A* - Sistemi di Telegestione ed Efficiamento Energetico degli Impianti LFM ed Utenze.

*MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02* – Guida all'implementazione del protocollo MODBUS su linee Seriali. Rilasciato dal Consorzio MODBUS Organization in data 20/12/2006.

*MODBUS Messaging Implementation Guide V1.0b* - Guida all'implementazione del servizio di scambio messaggi secondo le specifiche tecniche del protocollo MODBUS. Rilasciato dal Consorzio MODBUS Organization in data 24/10/2006.

*CENELEC EN 50065-1* - Questa norma si applica alle apparecchiature elettriche che utilizzano i segnali nella gamma di frequenza da 3 kHz a 148,5 kHz per la trasmissione di dati su sistemi elettrici in bassa tensione, sia sulle reti di distribuzione elettrica pubblica sia all'interno di installazioni nei locali dei consumatori. Rilasciato dall' European Committee for Electrotechnical Standardization in data 01-04-2011.

*ITU-T G9903 "Narrowband orthogonal frequency division multiplexing power line communication transceivers for G3-PLC networks"* – Specifica per la progettazione di dispositivi G3-PLC. Rilasciata dall' International Telecommunication Union in data 02/2014.

## II GENERALITÀ

Lo standard utilizzato è il G3-PLC secondo la norma CENELEC EN 50065-1 prevedendo la banda B.

Il protocollo oggetto del presente documento deve essere implementato dai dispositivi MAD che sono divisi in due classi:

1. Il modulo concentratore (C-MAD) che è dotato di due interfacce di comunicazione:
  - Un'interfaccia seriale di tipo Modbus RTU per l'interconnessione con l'UdQ.
  - La linea di alimentazione verso i moduli di diagnostica.
2. I moduli di diagnostica degli enti che hanno come interfaccia la sola linea d'alimentazione e che sono delle seguenti tipologie:

Nome	Descrizione
MAD-RED	Modulo per scaldiglie deviatore
MAD-ILL	Modulo per gestione lampade
MAD-MIS	Modulo per contatori (acqua/luce)
MAD-DIV	Modulo per usi diversi

Lo standard G3-PLC prevede il supporto a tipologie mesh<sup>1</sup>, è possibile quindi implementare varie tipologie d'interrogazione. Il funzionamento base prevede che il C-MAD, essendo il gestore della rete ed avendo la funzione di concentratore dati, interroghi le periferiche secondo uno schema a polling.

Dato che è possibile che un modulo invii un messaggio di stato senza una richiesta da parte del C-MAD, o un messaggio ad un altro nodo, o che ci siano periferiche con priorità più elevata, si definisce che i messaggi spontanei prioritari trasmessi dalle periferiche siano quelli di Allarme diagnostico di eventuale guasto di funzionamento delle periferiche stesse o dei sensori ad esse collegate e quelli relativi a funzioni importanti di variazioni di stato (ad es. azionamento di pulsanti di emergenza in galleria).

### II.1 Principio d'incapsulamento

Il frame modbus, cosiddetta ADU, ricevuto sul bus RS-485 è così formato:

Address	Function Code	Data	CRC
---------	---------------	------	-----

L'Address del dispositivo Master (C-MAD) sarà configurabile e potrà avere qualsiasi valore. Secondo il principio esposto in "MODBUS Messaging Implementation Guide V1.0b", dovrà essere incapsulato in un altro protocollo che sfrutti altri mezzi di trasmissione in questo modo:

MBAP	Payload	FCS
------	---------	-----

Dove l'header MBAP è compatibile con il protocollo utilizzato per la comunicazione e.g., TCP mentre il campo FCS può essere sia il CRC del protocollo seriale che un altro metodo per la rilevazione degli errori. Il campo payload coincide con il frame modbus nella sua interezza.

<sup>1</sup> Tipologia in cui un nodo funge da ripetitore del messaggio.

Ciò implica che nel frame G3-PLC il payload del messaggio coincide con un frame modbus conforme a “MODBUS over Serial LineSpecification and Implementation GuideV1.02”.

Questa strategia d’incapsulamento nasce dal fatto che le comunicazioni sul bus RS-485 e sulle onde convogliate sono asincrone con uno schema d’esecuzione visibile in Figura 1, dove si vede che, lato modbus, viene bufferizzato lo stato delle ADU ricevute dai moduli. Lato PLC vengono interrogati i moduli con uno strato (PLC Protocol) a gestire il protocollo ed il suo incapsulamento<sup>2</sup>.

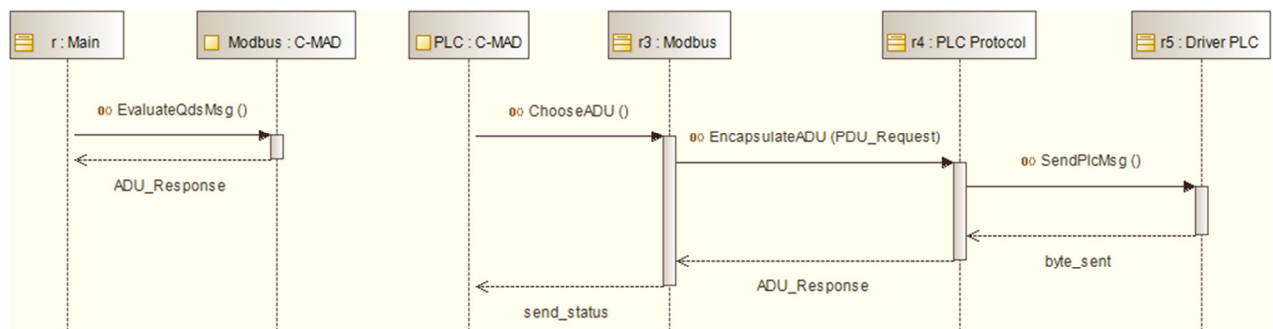


Figura 1: Schema d’interrogazione degli enti

Nel caso del G3-PLC il payload è così formato:

Header	ADU
--------	-----

Dove l’header del payload è inserito per prevedere un meccanismo per estendere le caratteristiche del Modbus RTU standard. Ad oggi l’header è formato in questo modo:

I campi spediti sono:

Campo	Note	Dimensione
PAN	Identificativo della rete	2
ID	Identificativo del mittente	2
Dest	Identificativo del destinatario	2
LQI	Rapporto Segnale/Rumore [dB]	1
Pad	Ad usi futuri	1
		8

**Tabella 1** – Header del messaggio

- PAN: identificativo della rete;
- ID: identificativo del mittente;
- Dest: identificativo del destinatario;
- LQI: rapporto segnale/rumore rilevato dal modulo;
- Pad: byte inserito per usi futuri

Lo scopo principale è la gestione del modulo che risponde ad un comando multicast.

<sup>2</sup> Questo meccanismo consente che, tramite una seriale, un modulo possa essere interrogato in locale come da remoto.

## **II.2 Specifica d'incapsulamento**

### **II.2.1 Messaggi modbus**

Il dettaglio dei messaggi è specificato in “G3-PLC MAC Layer Specification”. Di seguito si specificano le particolarità del messaggio che viene spedito dal C-MAD agli enti che sono:

1. L'indirizzo sul modbus è pari a quello utilizzato dal C-MAD;
2. L'indirizzo di memoria dev'essere valido<sup>3</sup>;
3. La lunghezza massima del messaggio incapsulato è di 152 bytes, poiché ogni richiesta è per un modulo e riguarda i dati del modulo.

### **II.2.2 Scheduling dei messaggi da parte dei moduli**

La modalità di gestione dei messaggi da parte del C-MAD è la seguente:

1. I messaggi di stato vengono richiesti autonomamente dal C-MAD secondo uno schema a polling.
2. I messaggi di comando vengono spediti, inoltrando quelli ricevuti dalla UdQ.
3. I messaggi di configurazione ed autenticazione vengono gestiti conformemente a “G3-PLC MAC Layer Specification”.

La modalità di gestione dei messaggi da parte dei moduli è la seguente:

1. La risposta ai messaggi da parte del C-MAD è secondo il presente protocollo.
2. In caso di certe variazioni di stato, secondo la logica d'applicazione specifica, è possibile inviare al C-MAD un messaggio di stato senza richiesta<sup>4</sup>.

### **II.2.3 Rete di moduli**

Avendo funzionalità di coordinatore della rete G3-PLC, il C-MAD interroga solo le periferiche che si sono autenticate. Questo vuol dire che la configurazione del C-MAD dovrà associare ad ogni MAC Address la locazione di memoria opportuna che ne consente le richieste di stato. Ciò vuol dire che il messaggio di configurazione impianto descritta in “G3-PLC MAC Layer Specification”, dovrà essere usata per consentire l'indirizzamento da parte della supervisione a livello più alto. L'indicizzazione delle periferiche dovrà essere implementata nella configurazione specifica dell'impianto e a livello di C-MAD.

<sup>3</sup> Questo deriva dal fatto che è poi il C-MAD a riorganizzare le periferiche in base alla sua configurazione d'impianto.

<sup>4</sup> Pur essendo formalmente un messaggio asincrono, lo strato G3-PLC ha comunque una notifica di avvenuta consegna del messaggio.



### III MODELLO DI COMUNICAZIONE

Scopo del presente capitolo è specificare il comportamento del C-MAD e dei moduli per sfruttare il fatto che l'architettura non è di tipo master / slave. Questo permette di adottare metodi di acquisizione stati diversi dal metodo mediante interrogazione a polling delle periferiche per evitare, la dove occorre, tempi elevati di aggiornamento degli stati.

Di seguito è mostrato il diagramma di sequenza dei messaggi.

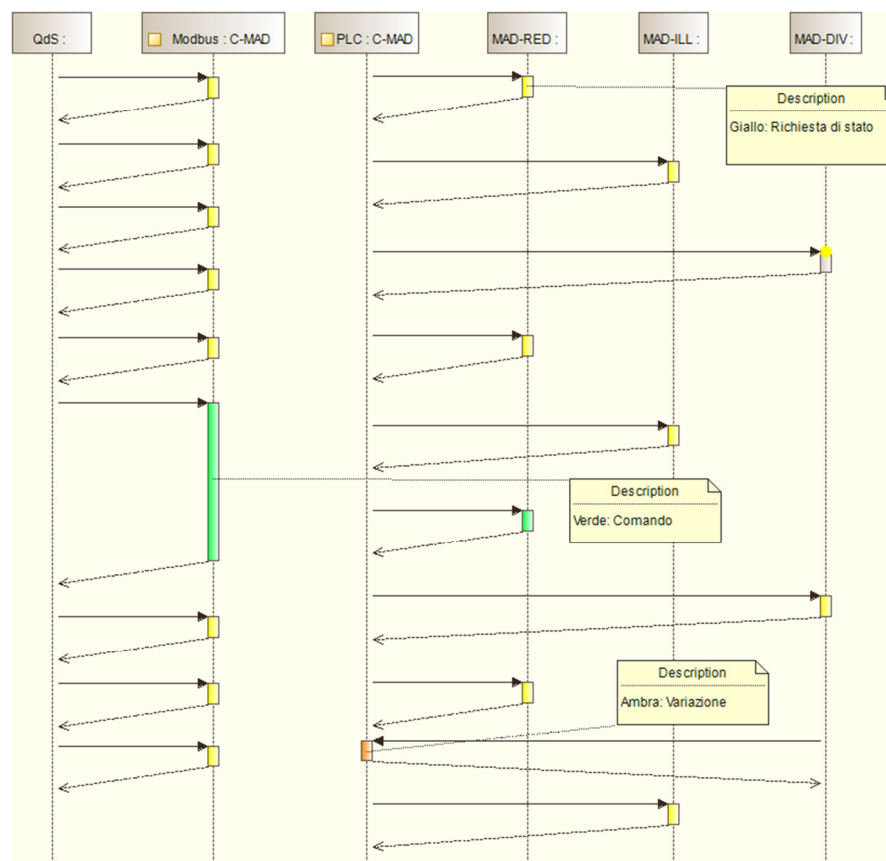


Figura 2: Modello dinamico dei messaggi

Dal diagramma si evince che

- Le interrogazioni di stato sul bus RS485 e sulla Power Line sono asincrone
- Il comando viene inoltrato nel primo slot temporale disponibile
- In caso di stati prioritari, un modulo manda una risposta di stato senza che ci sia una interrogazione. Questo implica che l'eventuale comando viene ritardato sulla Power Line.
  - Dato che la variazione<sup>5</sup> occupa il canale può essere accettabile che il tempo di polling sia relativamente rallentato in caso di variazione spontanea.

<sup>5</sup> Il nome nasce dalla considerazione che la causa che genera il messaggio è, in genere, una variazione di stato che produce un allarme.

### **III.1 Scheduling dei messaggi**

Il compito del C-MAD è quello di interrogare tutti i dispositivi secondo un metodo *round-robin* i.e., in base all'ordine in cui sono state rilevate le periferiche vengono interrogate secondo una coda circolare.

Tale tipo di interrogazione serve ad aggiornare con un certo ordine i dati delle periferiche sul C-MAD ed è utilizzabile per acquisizioni con tempistiche di variazione lente. Ad esempio le correnti dei cavi dei MAD-RED possono essere tollerate tempistiche dell'ordine del minuto.

In caso ci sia un comando questo viene spedito al posto della richiesta di stato, ed ha priorità sulla coda delle richieste.

Al fine di evitare problematiche di eccessivo rallentamento dei tempi di risposta dovuti ai seguenti casi:

- In caso di comandi multipli è di gestione complessa
- Se il numero di nodi è elevato il tempo di ricezione di una variazione di stato può essere elevata.

Si dovranno utilizzare i seguenti meccanismi :

- I comandi multicast;
- La spedizione dello stato del modulo qualora ci sia una variazione di un ingresso che si qualifichi come prioritaria.

### **III.2 Multicast**

Poiché l'indirizzamento è di tipo IPv6 qualora nel campo Data il comando verso un modulo sia di tipo multicast<sup>6</sup>, secondo quanto specificato in "G3-PLC MAC Layer Specification", il C-MAD si preoccupa di modificare l'indirizzo da unicast a multicast di tipo local link verso tutti i nodi<sup>7</sup>. In questo modo il payload viene valutato dai nodi ed effettuate le azioni del caso secondo le tempistiche di un solo pacchetto.

I comandi multicast permettono l'invio di comandi a gruppi di periferiche (massimo 127 gruppi di periferiche per tipologia). Ad esempio per comandare l'accensione, spegnimento, dimmerizzazione di gruppi di lampade.

Il modulo che risponde è quello identificato dall'header del pacchetto.

### **III.3 Messaggi spontanei**

Per velocizzare le tempistiche di ricezione di alcuni stati, dovrà essere previsto che alcuni dispositivi possano spedire lo stato senza essere interrogati.

L'invio di messaggi spontanei (chiamati *variazioni*) è necessario laddove si voglia controllare in modo pressoché istantaneo la variazione di alcuni stati.

Per quanto riguarda il MAD-RED i messaggi spontanei dovranno essere generati al verificarsi dei seguenti eventi definiti nella tabella n.13:

- "Allarme Alta temperatura"
- "Sensore in anomalia".

<sup>6</sup> Non si usa l'indirizzo broadcast del Modbus RTU nel campo *Address* ma un bit del campo *Data*.

<sup>7</sup> Indirizzo FF02::1.

## IV Protocollo di comunicazione

L'ADU incapsulata secondo quanto esposto al punto II.1 ha il seguente formato:

Address Field	Function Code	Data	CRC
---------------	---------------	------	-----

Dove Address Field è l'indirizzo sul bus, Function Code è un byte che identifica la funzione da eseguire, Data è lo stream di dati gestiti dallo strato d'applicazione e CRC è il codice di controllo a 16 bit descritto in "MODBUS over Serial Line Specification and Implementation Guide V1.02".

A meno del CRC, che è in formato little-endian, tutti i dati sono in formato big-endian.

### IV.1 Funzioni del protocollo

Nel dispositivo sono state implementate le seguenti funzioni:

- Read Input registers (codice 0x04)
- Preset Single register (codice 0x06)
- Preset Multiple register (codice 0x10)
- Send Input register (codice 0x44)

### IV.2 Read Input registers

Questa funzione permette di richiedere il valore di registri a 16 bit (word) contenenti variabili numeriche.

Oltre all'indirizzo dello slave e al codice funzione (0x04) il messaggio contiene l'indirizzo di partenza (startingAddress) espresso su due byte e il numero di word da leggere anch'esso su due byte. Il numero massimo di word che possono essere lette è 127.

#### Richiesta di un nodo:

Campo	Note	Dimensione
Address Field		1
Function Code	= 0x04	1
MemAddr	indirizzo in memoria	2
Dim	dimensione in word (<= 127)	2
CRC		2
		8

**Tabella 2 – Modbus: Funzione Read Input Register**

**Risposta:**

Campo	Note	Dimensione
Address Field		1
Function Code	= 0x04	1
Size	dimensione in byte (<= 254)	1
Stream		Size
CRC		2
		5+Size

**Tabella 3 – Modbus: Risposta alla funzione Read Input Register**

Oltre all'indirizzo dello slave e al codice funzione (0x04) il messaggio comprende un carattere che contiene la locazione di memoria da leggere ed il numero di word di dati da leggere.

I registri richiedono due byte ciascuno, il primo dei quali contiene la parte più significativa.

I dati, quindi, sono restituiti nella sequenza dettagliata nella sezione successiva.

Il CRC è il CRC16 Modbus.

**IV.2.1 Preset Single register**

Questa funzione permette di impostare il valore di un singolo registro a 16 bit.

Oltre all'indirizzo dello slave e al codice funzione (0x06) il messaggio contiene l'indirizzo della variabile espresso su due byte e il valore che deve essere assegnato.

**Richiesta di un nodo:**

Campo	Note	Dimensione
Address Field		1
Function Code	= 0x06	1
MemAddr	indirizzo in memoria	1
Stream		2
CRC		2
		7

**Tabella 4 – Modbus: Funzione Preset Single Register**

**Risposta:**

La risposta consiste nel ritrasmettere il messaggio ricevuto dopo che la variabile è stata modificata.

**IV.2.2 Preset Multiple register**

Questa funzione permette di impostare il valore di molti registri a 16 bit.

Oltre all'indirizzo dello slave e al codice funzione (0x10) il messaggio contiene l'indirizzo della variabile espresso su due byte e il valore che deve essere assegnato.

**Richiesta di un nodo:**

Campo	Note	Dimensione
Address Field		1
Function Code	= 0x10	1
MemAddr	indirizzo in memoria	2
Dim	dimensione in word (<= 127)	2
Size	dimensione in byte (<= 254)	1
Stream		Size
CRC		2
		9+Size

**Tabella 5 – Modbus:FunzionePreset multiple Register**

La risposta consiste nel trasmettere il messaggio seguente dopo che le variabili sono state modificate:

Campo	Note	Dimensione
Address Field		1
Function Code	= 0x10	1
MemAddr	indirizzo in memoria	2
Dim	dimensione in word (<= 127)	2
CRC		2
		8

**Tabella 6 – Modbus:Risposta alla Funzione Preset multiple Register**

**IV.2.3 Send Input registers**

Questa funzione permette di spedire il valore di registri a 16 bit (word) contenenti variabili numeriche. Nato come funzione utente per la gestione delle variazioni è, in realtà, il messaggio Read Input registers con mittente e destinatario invertiti. La risposta funge da ACK per il modulo.

Oltre all'indirizzo dello slave e al codice funzione (0x04) il messaggio contiene l'indirizzo di partenza (startingAddress) espresso su due byte e il numero di word da leggere anch'esso su due byte. Il numero massimo di word che possono essere spedite è 127.

**Richiesta di un nodo:**

Campo	Note	Dimensione
Address Field		1
Function Code	= 0x44	1
Size	dimensione in byte (<= 254)	1
Stream		Size
CRC		2
		5+Size

**Tabella 7 – Modbus: Funzione Send Input Register**

**Risposta:**

Campo	Note	Dimensione
Address Field		1
Function Code	= 0x44	1
MemAddr	indirizzo in memoria	2
Dim	dimensione in word (<= 127)	2
CRC		2
		8

**Tabella 8 – Modbus: Risposta alla funzione Send Input Register**

Oltre all'indirizzo dello slave e al codice funzione (0x44) il messaggio comprende un carattere che contiene la locazione di memoria da leggere ed il numero di word di dati da leggere.

I registri richiedono due byte ciascuno, il primo dei quali contiene la parte più significativa. I dati, quindi, sono restituiti nella sequenza dettagliata nella sezione successiva.

Il CRC è il CRC16 Modbus.

**IV.2.4 Aree di memoria**

Di seguito sono elencate la locazione di memoria utilizzate dal dispositivo C-MAD per il funzionamento di modalità asincrona. Ogni blocco verrà poi ripreso nelle pagine successive per dettagliare il significato.

In caso di funzionamento in modalità sincrona (per comandi e configurazioni) viene inoltrato il comando ed accettato dal modulo una locazione di memoria conforme ad “G3-PLC MAC Layer Specification”.

Locazioni	Significato delle locazioni	lunghezza blocco
Stati		
1AAC	MAD-RED	46
23C8	MAD-ILL	12
2E74	MAD-MIS	124
323D	MAD-DIV	18
3600	MAD-DIV-ZIGBEE	18
Configurazioni		
4000	MAD-RED	12
4400	MAD-ILL	12
4B00	MAD-MIS	10
4C00	MAD-DIV	18
4F00	MAD-DIV-ZIGBEE	44
Comando		
6000	MAD-RED	2
6200	MAD-ILL	4
6500	MAD-DIV	16
Funzioni speciali		
0099	Identificazione	14
F801	Reset dispositivo	2
F803	Lettura versione firmware	2

**Tabella 9 – Mappa memoria per i moduli**

#### IV.2.5 Generalità

La tipologia dei moduli è così codificata (valori in esadecimale):

Value	Significato	Note
0x21	MAD-RED	
0x22	MAD-ILL (STD)	
0x23	MAD-ILL (LED)	
0x24	MAD-MIS	
0x25	MAD-DIV	
0x26	MAD-DIV-ZIGBEE	

**Tabella 10** – Tipologie di moduli e loro codifica esadecimale

### IV.3 Dati dei dispositivi

Le funzioni Read Input registers e Preset Multiple register vengono accettate per una dimensione pari al valore lunghezza blocco definita al punto IV.2.4 i.e., viene accettata una richiesta di stato od un comando relativa ad un singolo modulo.

#### IV.3.1 MAD-RED

##### IV.3.1.1 Stato

Di seguito il blocco base da replicare per le periferiche successive.

L'indirizzo di partenza e la lunghezza del blocco base sono definiti in Tabella 9

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Validità	il valore di validità è 0x55	1
1	Mancate risposte	numero di mancate risposte del dispositivo	1
2	Stato cavo 1		1
3	Corrente cavo 1	Espresso come (A * 100)	2
5	Stato cavo 2		1
6	Corrente cavo 2	Espresso come (A * 100)	2
8	Stato cavo 3		1
9	Corrente cavo 3	Espresso come (A * 100)	2
11	Stato cavo 4		1
12	Corrente cavo 4	Espresso come (A * 100)	2
14	Stato cavo 5		1
15	Corrente cavo 5	Espresso come (A * 100)	2
17	Stato cavo 6		1
18	Corrente cavo 6	Espresso come (A * 100)	2
20	Stato cavo 7		1
21	Corrente cavo 7	Espresso come (A * 100)	2
23	Stato cavo 8		1
24	Corrente cavo 8	Espresso come (A * 100)	2
26	Stato cavo 9		1
27	Corrente cavo 9	Espresso come (A * 100)	2
29	Stato cavo 10		1
30	Corrente cavo 10	Espresso come (A * 100)	2
32	Stato cavo 11		1

**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
16 di 27

33	Corrente cavo 11	Espresso come (A * 100)	2
35	Stato cavo 12		1
36	Corrente cavo 12	Espresso come (A * 100)	2
38	Stato Digitali	Stato ingressi Digitali	1
39	Stato Digitali	Stato uscite Digitali	1
40	Stato PT100 1	Stato del sensore di temperatura rotaia	1
42	Temperatura 1	temperatura in °C della rotaia	2
43	Stato PT100 2	Stato del sensore di temperatura rotaia	1
45	Temperatura 2	temperatura in °C della rotaia	2
			46

**Tabella 11 – Pacchetto di Stato del MAD-RED**

Lo stato del cavo è così rappresentato:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	sensore presente	sensore non presente
1	allarme alta corrente	corrente entro soglia alta
2	allarme bassa corrente	corrente entro soglia bassa
3	sensore in anomalia	sensore non in anomalia
4	NA	NA
5	sensore 0-1V	sensore TA 100/0.1A
6	NA	NA
7	NA	NA

**Tabella 12 – Definizione del byte Stato Cavo**

Lo stato del sensore di temperatura rotaia è così rappresentato:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	sensore presente	sensore non presente
1	allarme alta temperatura	temperatura entro soglia alta
2	allarme bassa temperatura	temperatura entro soglia bassa
3	sensore in anomalia	sensore non in anomalia
4	sensore rotaia	sensore ambiente
5	NA	NA
6	NA	NA
7	NA	NA

**Tabella 13 – Definizione del byte Stato sensore temperatura**

Lo stato digitale, richiamato nel seguito è un byte così definito:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	Ingresso o uscita attiva - CH1	Ingresso o uscita spenta - CH1
1	Ingresso o uscita attiva - CH2	Ingresso o uscita spenta - CH2
2	NA	NA
3	NA	NA
4	NA	NA
5	NA	NA
6	NA	NA
7	NA	NA

**Tabella 14 – Definizione del byte Stato Digitale**



IV.3.1.2 Configurazione

Di seguito il blocco base da replicare per le periferiche successive.

L'indirizzo di partenza e la lunghezza del blocco base sono definiti in Tabella 9

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	ID Sensore	Da 1 a 14 (1-12 -> cavi)	2
2	Configurazione sensore		1
3	Valore minimo	in funzione del sensore	2
5	Valore massimo	in funzione del sensore	2
7	Delta di T		1
8	Fattore di scala	big-endian	2
10	Offset	big-endian	2
			12

**Tabella 15** – Pacchetto di Configurazione periferica

**Nota:** per un sensore di corrente il valore è in (A \* 100) mentre per un sensore di temperatura è un valore in complemento a 2 in °C.

La configurazione del sensore è un byte così definito:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	presenza sensore di temperatura	assenza sensore di temperatura
1	sensore rotaia	sensore ambiente
2	presenza scaldiglia	assenza scaldiglia
3	sensore TV 0-1V	sensore TA 100/0.1
4	abilitazione controllo	disabilitazione controllo
5	NA	NA
6	NA	NA
7	NA	NA

**Tabella 16** – Byte Configurazione sensore

A differenza del comando, il controllo della configurazione ha il seguente formato per ogni canale analogico. La dimensione della richiesta determina il numero di canali da leggere (e.g, una richiesta di 20 byte implica la lettura dei primi due canali analogici).

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Configurazione sensore		1
1	Soglia di corrente minima	in funzione del sensore	2
3	Soglia di corrente massima	in funzione del sensore	2
5	Delta di T		1
6	Fattore di scala	big-endian	2
8	Offset	big-endian	2
			10

**Tabella 17** – Pacchetto di lettura configurazione

IV.3.1.3 Comandi

Il comando per accendere l'uscita ha il formato:

Dato	Note	Byte
Address Field		1
Function Code	= 0x10	1
MemAddr		2
Dim	=1	2
Size	=2	1
Opzioni comando		1
Stato Digitali	Stato uscite Digitali	1
CRC		2
		11

**Tabella 18 – Comando accensione uscita MAD-RED**

Dove opzioni comando è definito in questo modo:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	Multicast	Unicast
1	NA	NA
2	NA	NA
3	NA	NA
4	NA	NA
5	NA	NA
6	NA	NA
7	NA	NA

Il comando multicast viene spedito a tutti i MAD-RED sulla rete.

**IV.3.2 MAD-ILL (Lampada STD-LED)**

IV.3.2.1 Stato

Di seguito il blocco base da replicare per le periferiche successive.

L'indirizzo di partenza e la lunghezza del blocco base sono definiti in Tabella 9

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Validità	Il valore di validità è 0x55	1
1	Mancate risposte	N° mancate risposte	1
2	Stato	Stato Lampada	2
4	Comando	Accensione da 0 al 100% <sup>8</sup> della luminosità	1
5	Potenza Tot	Potenza in W	2
7	Durata totale vita accensione	Durata tot. di accensione lampada	2
9	Usi Futuri		3
			12

<sup>8</sup> Le variazioni sono unitarie.

**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
19 di 27

Lo stato della lampada è così rappresentato:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	assenza corrente (std/led)	presenza corrente (std/led)
1	condensatore guasto (std)	condensatore regolare (std)
2	lampada bassa potenza (std)	Lampada regolare (std)
3	lampada fine vita (std)	lampada regolare (std)
4	lampada interrotta (std/led))	lampada regolare (std/led))
5	guasto generico (std/led)	lampada regolare (std/led)
6	Ballast guasto (std)	Ballast regolare (std)
7	Starter guasto (std)	Starter regolare (std)
8	driver guasto (std/led)	driver regolare (std/led)
9	NA	NA
10	NA	NA
11	NA	NA
12	NA	NA
13	NA	NA
14	NA	NA
15	NA	NA

#### IV.3.2.2 Configurazione

Di seguito il blocco base da replicare per le periferiche successive.

L'indirizzo di partenza e la lunghezza del blocco base sono definiti in Tabella 9

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Tensione	Valore in V (media)	2
2	Potenza Tot	Potenza in W	2
4	Corrente	Corrente in (A * 100)	2
6	Offset Tensione	Offset per calcolo tensione	2
8	Fattore scala tensione	Scala per calcolo tensione	2
10	ID Gruppo	ID del gruppo di lampade	1
11	Variazioni	Abilitazione del messaggio su variazione	1
			12

**Tabella 19** – Pacchetto di Configurazione periferica

*ID gruppo* è un valore da 1 a 127 che serve per identificare una partizione dell'insieme di lampade.

**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
20 di 27

#### IV.3.2.3 Comandi

Il comando per gestire la lampada ha il seguente formato:

Dato	Note	Byte
Address Field		1
Function Code	= 0x10	1
MemAddr		2
Dim	=2	2
Size	=4	1
Comando	Opzioni comando	1
	Byte di reset	1
	Accensione da 0% a 100% della luminosità	2
CRC		2
		13

Il Byte di reset è così definito:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	Reset Allarmi	No azione
1	Reset Contatore vita	No azione
2	NA	NA
3	NA	NA
4	NA	NA
5	NA	NA
6	NA	NA
7	NA	NA

Dove opzioni comando è definito in questo modo:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	Multicast	Unicast
1 ÷ 7	ID Gruppo	ID Gruppo

Se multicast è pari a uno il comando viene spedito a tutti i MAD-ILL. Se ID Gruppo è diverso da zero il comando multicast viene gestito solo dai moduli che sono configurati col valore specificato secondo quanto descritto al IV 3.2.1

### IV.3.3 MAD-MIS

#### IV.3.3.1 Stato

Di seguito il blocco base da replicare per le periferiche successive.

Questo modulo è, essenzialmente, il modulo che può essere collegato a più multimetri. Per ottenere quest'effetto il modulo virtualizza 8 moduli separati i.e., il modulo d'indirizzo 0x2EB2 è in realtà il modulo d'indirizzo 0x2E74 i cui dati sono quelli del secondo multimetro.

**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
21 di 27

L'indirizzo di partenza e la lunghezza del blocco base sono definiti in Tabella 9

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Validità	il valore di validità è 0x55	1
1	Mancate risposte	numero di mancate risposte del dispositivo	1
2	Misuratore	Numero del misuratore	1
3	Spare	-	1
4	Tensione fase 1	Espresso come (V * 10)	4
8	Tensione fase 2	Espresso come (V * 10)	4
12	Tensione fase 3	Espresso come (V * 10)	4
16	Corrente fase 1	Espresso come (A * 100)	4
20	Corrente fase 2	Espresso come (A * 100)	4
24	Corrente fase 3	Espresso come (A * 100)	4
28	Tensione linea 1-2	Espresso come (V * 10)	4
32	Tensione linea 2-3	Espresso come (V * 10)	4
36	Tensione linea 3-1	Espresso come (V * 10)	4
40	Potenza attiva fase 1	Espresso come (W * 10)	4
44	Potenza attiva fase 2	Espresso come (W * 10)	4
48	Potenza attiva fase 3	Espresso come (W * 10)	4
52	Potenza reattiva fase 1	Espresso come (Var * 10)	4
56	Potenza reattiva fase 2	Espresso come (Var * 10)	4
60	Potenza reattiva fase 3	Espresso come (Var * 10)	4
64	Potenza apparente fase 1	Espresso come (VA * 10)	4
68	Potenza apparente fase 2	Espresso come (VA * 10)	4
72	Potenza apparente fase 3	Espresso come (VA * 10)	4
76	Fattore di potenza fase 1	Espresso come (PF * 1000)	4
80	Fattore di potenza fase 2	Espresso come (PF * 1000)	4
84	Fattore di potenza fase 3	Espresso come (PF * 1000)	4
88	Frequenza di rete	Espresso come (Hz * 100)	4
92	Tensione di fase equivalente	Espresso come (V * 10)	4
96	Tensione di linea equivalente	Espresso come (V * 10)	4
100	Potenza attiva totale	Espresso come (W * 10)	4
104	Potenza reattiva totale	Espresso come (Var * 10)	4
108	Potenza apparente totale	Espresso come (VA * 10)	4
112	Fattore di potenza totale	Espresso come (PF * 1000)	4
116	Energia attiva totale	Espresso come (kWh * 10)	4
120	Energia reattiva totale	Espresso come (kVarh * 10)	4
			124

#### IV.3.4 MAD-DIV

Questo modulo è, essenzialmente, un modulo a cui collegare moduli di espansione (comunicanti in ModBus) per ingressi e uscite analogiche e digitali.

L'indirizzo di partenza e la lunghezza del blocco base sono definiti in Tabella 9

IV.3.4.1 Stato

Il blocco base dello stato è così fatto:

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Validità	il valore di validità è 0x55	1
1	Mancate risposte	numero di mancate risposte del dispositivo	1
2	SLOT 1	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
4	SLOT 2	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
6	SLOT 3	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
8	SLOT 4	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
10	SLOT 5	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
12	SLOT 6	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
14	SLOT 7	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
16	SLOT 8	Stato espansione (vedere par. successivi)	2
			18

Ogni espansione può occupare da uno a 4 slot di memoria in funzione della tipologia.

IV.3.4.1.1 Tipi di espansione

Il tipo d'espansione è così codificato:

Codice	Significato	Numero Slot occupati	Note
0	NA	0	
1	8 DI	1	
2	8 DO	1	
3	4 DI - 4 DO	1	
4	2 AI - 2AO	4	
5	interna	1	n.2 Ingressi e n.1 Uscita relè integrati nel Mad-Div
6	16 DI	1	
7	16 DO	1	
8 ÷ 255	NA		

Il valore analogico è una variabile a 16 bit il cui significato è TBD.

IV.3.4.2 Codifica degli slot

La codifica dell'area di memoria degli Slot è dipendente dalla tipologia d'espansione ed è così codificata:

IV.3.4.2.1.1 Espansione 8 Ingressi Digitali DI

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Stato Digitali	Ingressi 1-8	1
1	Stato Digitali		1

Lo stato digitale, richiamato nel seguito è un byte così definito:

Bit index	Significato (1)	Significato (0)
0	Ingresso o uscita attiva - CH1	Ingresso o uscita spenta - CH1
1	Ingresso o uscita attiva - CH2	Ingresso o uscita spenta - CH2
2	Ingresso o uscita attiva - CH3	Ingresso o uscita spenta - CH3
3	Ingresso o uscita attiva - CH4	Ingresso o uscita spenta - CH4
4	Ingresso o uscita attiva - CH5	Ingresso o uscita spenta - CH5
5	Ingresso o uscita attiva - CH6	Ingresso o uscita spenta - CH6
6	Ingresso o uscita attiva - CH7	Ingresso o uscita spenta - CH7
7	Ingresso o uscita attiva - CH8	Ingresso o uscita spenta - CH8

IV.3.4.2.1.2 Espansione 8 Uscite Digitali DO

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Stato Digitali	Uscite 1-8	1
1	Stato Digitali		1

IV.3.4.2.1.3 Espansione 4 Ingressi – 4 Uscite Digitali

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Stato Digitali	Ingressi 1-4	1
1	Stato Digitali	Uscite 1-4	1

IV.3.4.2.1.4 Espansione 2 Ingressi -2 Uscite Analogiche

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Valore	Valore a 16 bit ingresso 1	2
2	Valore	Valore a 16 bit ingresso 2	2
4	Valore	Valore a 16 bit uscita 1	2
8	Valore	Valore a 16 bit uscita 2	2

Il valore analogico è una variabile a 16 bit il cui significato è TBD.

IV.3.4.2.1.5 Espansione Interna (2 Ingressi – 1 Uscita Relè)

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Stato Digitali	Ingressi 1-2	1
1	Stato Digitali	Uscita 1	1

IV.3.4.2.1.6 Espansione 16 Ingressi Digitali DI

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Stato Digitali	Ingressi 1-8	1
1	Stato Digitali	Ingressi 9-16	1

**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
24 di 27

IV.3.4.2.1.7 Espansione 16 Uscite Digitali DO

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Stato Digitali	Uscite 1-8	1
1	Stato Digitali	Uscite 9-16	1

IV.3.4.3 Configurazione

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Numero di espansioni	Numero di espansioni collegate	1
1	Polling Time	Tempo di interrogazione delle espansioni x 10 ms	1
2	Tipo espansione 1	In funzione della tabella delle espansioni	1
3	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
4	Tipo espansione 2	In funzione della tabella delle espansioni	1
5	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
6	Tipo espansione 3	In funzione della tabella delle espansioni	1
7	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
8	Tipo espansione 4	In funzione della tabella delle espansioni	1
9	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
10	Tipo espansione 5	In funzione della tabella delle espansioni	1
11	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
12	Tipo espansione 6	In funzione della tabella delle espansioni	1
13	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
14	Tipo espansione 7	In funzione della tabella delle espansioni	1
15	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
16	Tipo espansione 8	In funzione della tabella delle espansioni	1
17	Numero nodo	Indirizzo del nodo ModBus dell'espansione	1
			18

IV.3.4.4 Comandi

Il comando per gestire la lampada ha il seguente formato:

Dato	Note	Byte
Address Field		1
Function Code	= 0x10	1
MemAddr		2
Dim	=8	2
Size	=16	1
Valore	Valori dipendenti dal tipo	16
CRC		2



**LINEA GUIDA**

**RFI DTC STS ENE SP IFS LF 169**

Foglio  
25 di 27

#### IV.3.5 MAD-DIV-ZIGBEE

Il Mad-DivZigBee è identico al Mad-Div ma con le seguenti espansioni:

Codice	Significato	Numero Slot occupati	Note
0	NA	0	
1	Contatto porte	1	
2	Sensore di temperatura	1	
3	Sensore di luminosità	1	
4 ÷ 255	NA		

e la seguente configurazione:

Offset	Significato della locazione	Note	Byte
0	Numero di espansioni	Numero di espansioni collegate	1
1	Polling Time	Tempo di interrogazione delle espansioni x 10 ms	1
2	PAN	Indirizzo della rete ZigBee	2
4	Tipo espansione 1	In funzione della tabella delle espansioni	1
5	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
9	Tipo espansione 2	In funzione della tabella delle espansioni	1
10	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
14	Tipo espansione 3	In funzione della tabella delle espansioni	1
15	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
19	Tipo espansione 4	In funzione della tabella delle espansioni	1
20	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
24	Tipo espansione 5	In funzione della tabella delle espansioni	1
25	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
29	Tipo espansione 6	In funzione della tabella delle espansioni	1
30	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
34	Tipo espansione 7	In funzione della tabella delle espansioni	1
35	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
39	Tipo espansione 8	In funzione della tabella delle espansioni	1
40	MAC nodo	Indirizzo MAC del modulo ZigBee	4
			44

### IV.3.6 Funzioni speciali

#### IV.3.6.1 Reset del dispositivo

Il comando per resettare il dispositivo è:

Dato	Note	Size
Address Field		1
Function Code	= 0x06    0x16	1
MemAddr	= 0xF801	2
Stream	= 0	2
CRC		2
		8

**Tabella 20 – Comando Reset**

Non è prevista risposta.

#### IV.3.6.2 Versione firmware

Il comando per ottenere la versione firmware è:

Dato	Note	Size
Address Field		1
Function Code	= 0x04	1
MemAddr	= 0xF803	2
Stream	= 2	2
CRC		2
		8

**Tabella 21 – Comando versione FW**

Il formato della risposta è:

Dato	Note	Size
Address Field		1
Function Code	= 0x04	1
Size	= 4	1
PAD	= 0x46	1
Ver. major		1
Ver. minor		1
Ver. build		1
CRC		2
		9

**Tabella 22 – Risposta al comando versione FW**

IV.3.6.3 Identificazione

Una periferica, può essere inserita nell'impianto tramite apposito comando di configurazione, da ripetere per ciascuna periferica:

Dato	Note	Size
Address Field		1
Function Code	= 0x04	1
MemAddr (impianto)	= 0x0099 *	2
Dim	= 7	2
CRC		2
		8

**Tabella 23** – Comando di identificazione modulo

Il formato della risposta è:

Dato	Note	Size
Address Field		1
Function Code	= 0x04	1
Size	= 14	1
Tipologia	come in Tabella 10	1
Connesso	1 se connesso	1
Memory address	Indirizzo conforme alla tabella 9	2
PAD	Per usi futuri	2
MAC Address		8
CRC		2
		19

**Tabella 24** – Risposta al comando d'identificazione

**Nota:** Per identificare i moduli successivi al primo basta sommare 7 alla locazione di memoria di partenza (0099) per ogni modulo.