



POLITECNICO DI TORINO

*Dipartimento di Ingegneria Elettrica Industriale*

*Gruppo Sistemi Elettrici per l'Energia*

**INNOVAZIONE**

**NELL'IMPIANTISTICA SEMAFORICA:**

standard tecnico-prestazionali  
ed esperienze realizzative

## Introduzione

I semafori, in edizione riveduta e corretta, con nuove soluzioni tecniche, nuovi tipi di lampade e nuova estetica, si apprestano anch'essi a sbarcare su "Internet".

In questi giorni Torino è stata al centro dell'attenzione mondiale con il Congresso "ITS 2000" circa i sistemi intelligenti per il controllo dei trasporti e del traffico, croce e delizia attorno a cui ruoterà nei prossimi anni la possibilità di vivere meglio nei centri abitati senza essere ossessionati dai vincoli sulla mobilità.

Quasi a marcare questa singolare centralità della Città di Torino sulle tecnologie telematiche applicate al traffico, in una delle vie centrali del capoluogo piemontese, all'incrocio fra via Garibaldi e via della Consolata, è stato montato in via sperimentale un nuovo tipo di semaforo, nato dalla cooperazione fra il Comune di Torino (Divisione Ambiente e Mobilità), il Dipartimento di Ingegneria Elettrica Industriale (Gruppo Sistemi Elettrici per l'Energia, coordinato dal Prof. Roberto Napoli) e l'AEM S.p.A. (Ufficio Semafori).

Un semplice colpo d'occhio ai nuovi semafori fa intuire le rilevanti novità nascoste all'interno. Il semaforo si presenta con una nuova linea, più essenziale e compatta, priva di spigolosità e sperimentalmente alleggerita dall'assenza delle classiche visiere, la cui funzionalità è stata rilevata da semplici bande disposte ai fianchi. Molti automobilisti apprezzeranno l'uso di queste bande come supporto per indicare il nome delle vie (ed i numeri civici più prossimi), evitando i fastidiosi movimenti per allungare il collo sino a leggere le classiche targhe sugli edifici, non sempre comodamente disponibili.

Ma le vere novità stanno all'interno. Pochi sanno che la Città di Torino spende ogni anno più di un miliardo e mezzo per la bolletta dei consumi di energia elettrica per gli usi semaforici. I nuovi semafori montano lanterne a LED, che consumano meno di 12 W ciascuna, contro i normali 60 W (e talora 80 o 100 W) delle usuali lampade ad incandescenza: una riduzione quindi del 70 %, suscettibile di rendere economicamente appetibile ed energeticamente giudiziosa una sostituzione su vasta scala. L'efficienza luminosa di queste nuove lampade fa sì che la riduzione di potenza sia accompagnata da una maggiore luminosità, sicché l'utente, anziché una diminuzione del flusso luminoso, percepisce al contrario la presenza di una sorgente luminosa più brillante e più direzionale.

L'impianto semaforico è diventato una piccola LAN (*Local Area Network*), dove ogni singola lanterna è attrezzata con un piccolo "chip intelligente", in grado di ricevere ordini e rispondere ubbidientemente ad ogni richiesta di informazioni da un controllore centrale, anch'esso miniaturizzato in un chip.

Anziché avere il classico sistema di fili che collegano ogni lampadina ad un alimentatore centrale, il nuovo impianto si basa sulla cosiddetta "tecnica a bus" ad intelligenza distribuita: tutte le lampadine sono alimentate da un'unica linea con due soli fili. A parte, sulla rete LAN (realizzata anch'essa con un semplice doppino telefonico), viaggiano i segnali che pongono ogni lanterna in comunicazione con il centro. Al ritmo di una volta ogni trenta centesimi di secondo, il controllore centrale manda ad ogni lanterna l'ordine da eseguire e, come avviene per un bravo comandante, ad ogni ordine segue la verifica che l'ordine sia stato correttamente eseguito.

Una qualunque incongruenza sarebbe rilevata in un intervallo di tempo inferiore alla soglia di percettibilità dell'occhio umano, dando modo al controllore centrale di bloccare sul nascere ogni deviazione dai comportamenti prefissati.

Le novità non finiscono qui. Abbandonando la tecnologia dei centralini dedicati, l'impianto semaforico sposa la tecnologia dei PC, con un salto qualitativo che apre nuove frontiere dalle implicazioni non tutte immediatamente prevedibili.

Con tale tecnologia, tutti gli impianti si avviano ad una standardizzazione che consente una rilevante flessibilità d'uso. Non più centralini dedicati: sono i programmi software che stabiliscono la differenza fra un impianto ed un altro.

Con un ulteriore balzo in avanti, l'impianto semaforico si presenta anche munito di un telefono GSM contenuto nel relativo centralino. Grazie al telefono, il centralino può rispondere alle chiamate provenienti dai tecnici lontani, i quali possono controllare sui loro monitor il funzionamento, senza alzarsi dalla sedia.

Fatte salve le procedure di sicurezza, le luci possono essere pilotate a distanza, asservendole agevolmente ad una politica di gestione globale di cui, adesso, si avverte pressante l'esigenza.

Più interessante ancora è la capacità d'iniziativa dell'impianto, che in caso di guasto può chiamare direttamente i tecnici segnalando esattamente il problema, sia pure con voce vagamente metallica (ma per fortuna ci sono anche i messaggi SMS ed i fax), e consentendo ai tecnici di potersi recare prontamente sul posto con il pezzo di ricambio giusto.

E' questo un approccio che diventerà via via sempre più familiare e dagli impianti più complessi si trasferirà nel futuro anche all'interno delle nostre case, con la nuova generazione di elettrodomestici predisposti per questo tipo di comunicazioni.

Quanto all'affidabilità, se si pensa che una normale lampadina semaforica ha una vita di circa 6000 ore, mentre le lanterne a LED hanno una vita lunghissima (almeno 15 anni di funzionamento ininterrotto dell'impianto), si comprende che i guasti alle lampade dovrebbero quasi sparire dal panorama della manutenzione.

Un'altra novità interessante è che l'impianto anziché essere alimentato con i normali 230 V alternati, funziona a tensione continua, a 48 V. Questo fa sì che dal punto di vista della sicurezza, l'impianto possa essere classificato "sicuro": anche spelando i fili ed applicandoli ad una persona, la probabilità di provocare danni è estremamente contenuta, tanto che le norme esimono, in tali casi, dal prendere qualunque provvedimento protettivo. Sotto questo aspetto, quello di Torino è l'unico impianto al mondo organizzato in questo modo.

Le implicazioni non sono da poco: essendo in tal modo intrinsecamente sicuri, i cavi possono essere annegati nel terreno a profondità ridotta, con scavi estremamente contenuti e con tempi di installazione ridotti.

La presenza del PC ha consentito anche una semplice soluzione al problema delle comunicazioni con i non vedenti. I tecnici del Politecnico hanno messo a punto una scheda che risponde alla richiesta dei non vedenti con comunicazioni verbali attraverso piccoli altoparlanti sistemati all'interno delle lanterne. Il sistema sarà attivato a breve, appena saranno completate le verifiche.

L'accoppiata PC + telefono fa subito venire in mente il complesso mondo di Internet. Non saranno molti quelli che saranno tentati dall'idea di navigare verso l'indirizzo dell'impianto semaforico, ma se si pensa che il PC rende disponibile informazioni aggiuntive, che possono spaziare da una semplice WebCam (privacy permettendo) sino ad un monitoraggio e controllo dei flussi di traffico, ecco che l'approdo alla tecnologia dei PC, con tutta la messe di programmi disponibili a bassi costi, rende facile ed economica

l'implementazione di tanti effetti speciali, sia ai gestori (che possono modificare dinamicamente il funzionamento delle luci senza necessità di apparecchiature particolari) sia consentendo aperture anche agli utenti, che possono accedere a costi ridotti ad informazioni in tempo reale su come stanno evolvendo le situazioni.

Sono questi tutti approcci ormai consolidati, ma che trovano in questo nuovo tipo d'impianto semaforico un aiuto eccezionale in termini di facilità ed economicità del controllo.

Attualmente i tecnici del Politecnico e dell'AEM possono comodamente monitorare il semaforo dai loro tavoli, collegandosi telefonicamente e seguendo sul video l'evoluzione delle luci, con un'animazione che dà alla videata una simpatica vivacità.

Il Ministero dei Lavori Pubblici – Ispettorato Generale per la Circolazione e la Sicurezza Stradale - ha autorizzato la sperimentazione per un anno del nuovo impianto semaforico.



## Caratteristiche Tecniche

### CARATTERISTICHE PRINCIPALI DELL'IMPIANTO

- *Sistema ad intelligenza distribuita* (paline con microprocessori).
- *Sicurezza intrinseca* (niente impianti di terra o interruttori differenziali, ma uso della corrente continua a bassa tensione di sicurezza).
- *Cablaggio semplificato* (un solo cavo d'energia e uno solo di segnale).
- *Riduzione delle opere civili* (gli scavi sono ridotti a semplici fresature di pochi centimetri di profondità).
- *Riduzione dei consumi energetici* (consumo inferiore al 70% rispetto ai sistemi convenzionali, grazie a nuove lampade).
- *Aumento dell'affidabilità* (lampade a lunghissima durata, monitoraggio completo del funzionamento di tutti i componenti).
- *Nuove funzionalità* (grazie alla scheda accessoria PC ed al collegamento telefonico, l'impianto manda messaggi vocali, trasmette immagini riprese da telecamera, invia fax ed e-mail, rileva il traffico e gli eccessi di velocità, ecc.).
- *Centralino invisibile* (il centralino può sparire all'interno di una lanterna semaforica).
- *Massima standardizzazione* (tutti i vari componenti sono a standard industriale, facilmente reperibili. Il centralino, ridotto a puro elaboratore di segnali, ha caratteristiche che non dipendono dalla complessità dell'impianto).
- *Semplificazione nella gestione* (in caso di guasti, il centralino chiama al telefono e/o invia fax ed e-mail).
- *Rilievo permanente del traffico* (i dati rilevati dalle spire, distinti per fasce orarie, sono archiviati nel PC e resi disponibili per consentire una preziosa conoscenza dei flussi di traffico).
- *Risparmio economico* (l'aspetto più interessante riguarda i costi che sono previsti sensibilmente inferiori ai costi correnti. Il ricorso alla tecnologia del PC consente di accedere facilmente a nuove funzionalità e a costi impensabili ricorrendo alle soluzioni tradizionali).

## DETTAGLIO DELLE CARATTERISTICHE

### *Sicurezza intrinseca*

La distribuzione elettrica è effettuata in corrente continua, a bassissima tensione di sicurezza (< 50V). Non c'è più bisogno dell'impianto di terra. E non servono più neanche gli interruttori differenziali.

### *Cablaggio semplificato*

Sulle paline sono disposte schede con microprocessori, che decifrano i messaggi inviati dal controllore centrale. Per cablare il semaforo, bastano perciò due soli cavi: uno per trasmettere energia elettrica e l'altro per trasmettere i messaggi. La topologia è libera: l'importante è che ad ogni palina arrivino i due cavi.

### *Riduzione delle opere civili*

L'uso della tensione continua di sicurezza consente di interrare i due cavi a pochi centimetri dal livello dell'asfalto. Non servono complicati lavori di scavo. Basta una semplice fresatura del terreno, senza neanche bisogno di interrompere il traffico più di tanto. E basta un minimo di ridondanza per rendere il cablaggio insensibile anche ad una singola interruzione di uno dei cavi.



*Fig1 – Fresatura del terreno per l'inserimento dei cavi.*

### *Nuove lampade a LED*

Queste lampade della nuova generazione sono ad alto rendimento, elevata luminosità (170 lm) e lunga durata, ed il loro inserimento garantisce al semaforo una continuità di esercizio sinora sconosciuta.

### *Riduzione dei consumi energetici*

Una città come Torino spende circa un miliardo e mezzo all'anno per i consumi elettrici dei semafori. Utilizzando le nuove lampade, la classica lampadina da 60 W può essere sostituita a tutti gli effetti da un nuovo sistema a led, con potenza assorbita pari a 12 W, riducendo così di circa il 70% la spesa dovuta al consumo di energia elettrica.

### ***Aumento dell'affidabilità***

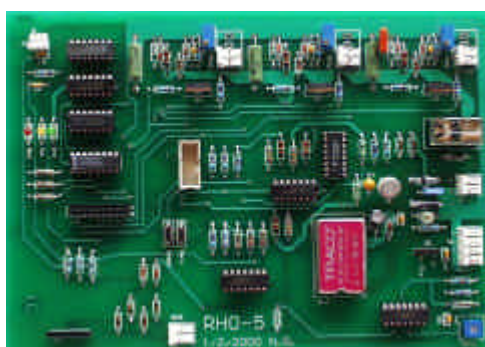
Ogni lampada è realizzata con diciotto LED dell'ultima generazione, ciò assicura una elevata robustezza meccanica ed una durata prevista di 40.000 ore di funzionamento continuo. Il rischio che un segnale risulti completamente spento è pressoché inesistente.



***Fig2 - Nuova lampada a LED.***

### ***Miniaturizzazione***

Le schede periferiche per il controllo delle lanterne hanno dimensioni ridottissime. Basta una scheda per pilotare sino a quattro lanterne. I componenti utilizzati sono a standard industriale, facilmente reperibili dai maggiori distributori di elettronica.



***Fig3 - Scheda periferica.***

### ***Diagnostica completa***

I controlli sono multipli. Il dialogo fra le intelligenze periferiche è digitale. Su ogni palina, il processore locale controlla il funzionamento delle lampade locali. Il controllore centrale monitora anche lui la situazione. Ogni processore può intervenire in pochi millisecondi. Ogni rischio d'errore si è così notevolmente ridotto.

### ***Massima standardizzazione***

Poiché il centralino si è trasformato in un puro elaboratore di segnali, questo può essere unico per qualunque tipo d'impianto, indipendentemente dal numero di lanterne da gestire.

### ***Nuovo ruolo del centralino***

Per accendere un po' di lampade, sia pure di un semaforo, l'intelligenza di un microprocessore è quasi sprecata. Se poi, lungo il circuito dei segnali, si inserisce una scheda di un personal computer, l'intelligenza diventa addirittura esorbitante. Il centralino può quindi svolgere nuovi compiti: acquisire in modo intelligente i dati del traffico, sollecitare la manutenzione quando qualche componente va in avaria, trasmettere le immagini riprese da una telecamera, immortalare i veicoli che viaggiano a velocità troppo sostenuta, inoltrare chiamate di soccorso, etc.. Tutto ciò senza minimamente interferire con il funzionamento dei segnali.

### ***Telediagnostica***

Il personal computer ha funzioni ausiliarie. Con l'aiuto di una semplice scheda audio e di un modem-fax, il centralino può dialogare, sia in modo digitale, sia con messaggi vocali, sia inviando fax o e-mail: basta una linea telefonica (anche di tipo cellulare). E così da qualunque telefono (previa autorizzazione) è possibile mettersi in comunicazione con il centralino, controllarne lo stato, richiedere dati di vario tipo (statistiche sui passaggi, controlli di velocità, etc.), e così via: e tutto con i costi tipici dei programmi per personal computer.

### ***Rilievo permanente del traffico***

Disponendo di spire veicolari, è possibile rilevare il traffico nelle varie direzioni e memorizzare i dati, distinti per fasce orarie. Niente più costose campagne di rilievo del traffico. Dislocando più spire, è anche possibile determinare la velocità dei veicoli transitanti. I costi addizionali sono pressoché nulli.

### ***Visione a distanza***

Il personal computer può ovviamente gestire telecamere e trasmettere a distanza le immagini, a richiesta. Basta installare una (o più) telecamere e collegarsi alla linea telefonica (anche con un cellulare).

### ***Centralino invisibile***

L'architettura implementa il concetto di intelligenza distribuita. Superata la fase sperimentale, il vecchio, ingombrante centralino potrebbe addirittura essere fatto sparire, come ingombro fisico. Il suo ruolo può essere svolto da una qualunque scheda del tipo di quelle installate sulle paline.

### ***Una nuova estetica***

Un impianto così innovativo sollecitava una nuova estetica per un prodotto da lungo tempo rimasto immutato.

La nuova lanterna semaforica è visivamente molto meno ingombrante rispetto ai vecchi semafori, in quanto la nuova tecnologia di lampade a LED consente di eliminare i volumi richiesti dalle tradizionali parabole e le nuove lenti antiriflesso consentono di eliminare le visiere.

Si è ottenuto in questo modo un volume ridotto, quasi piatto, che si distingue per la purezza della sua linea totalmente avvolgente.

Il palo tradizionale può essere arricchito di altre funzioni segnaletiche: da messaggi sonori per non vedenti, a telefono di emergenza in caso di incidente. Il palo, in questo caso, supera il concetto di semplice sostegno del semaforo per integrarsi con esso, in un più ampio ruolo di strumento di aiuto e comunicazione al servizio del cittadino.



*Fig4 – Impianto semaforico sperimentale Garibaldi-Consolata*

### ***PROGETTO NUOVI SEMAFORI***

*Direttore scientifico:* prof. ing. Roberto Napoli  
Politecnico di Torino, Dipartimento di Ingegneria Elettrica Industriale  
corso Duca degli Abruzzi 24, 10129 Torino (ITALY)  
Phone +39 / 11 564 7136, FAX +39 / 11 564 7199, E-Mail rnapoli@polito.it

*Il gruppo di ricerca del Politecnico di Torino:*  
prof. Ettore Bompard, prof. Gianfranco Chicco, ing. Paolo Di Leo, ing. Riccardo Tommasini,  
sigg. Giuliano Bergamasco, Franco Quarona