



# Home automation over mains with Altera NIOS-II

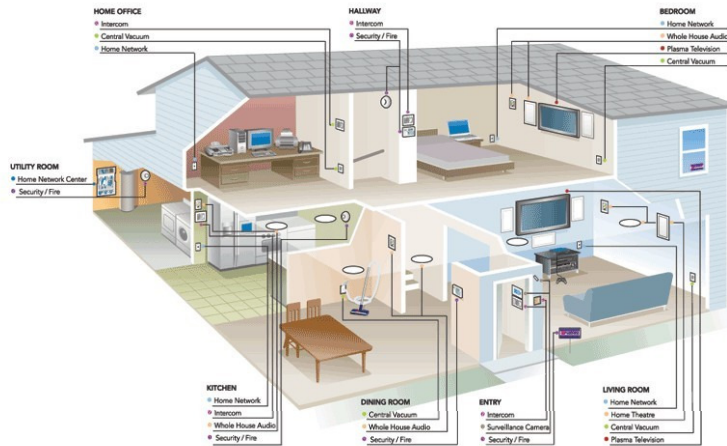
**Altera InnovateItaly 2011**

Partecipanti: Primiano Tucci, Filippo Gregori

Advisor: Prof. Eugenio Faldella

Università di Bologna

# Contesto – Home Automation



## Applicazioni tipiche:

- Controllo dell'illuminazione
- Apertura automatica delle porte
- Controllo della climatizzazione
- Videosorveglianza
- Diffusione audio-video

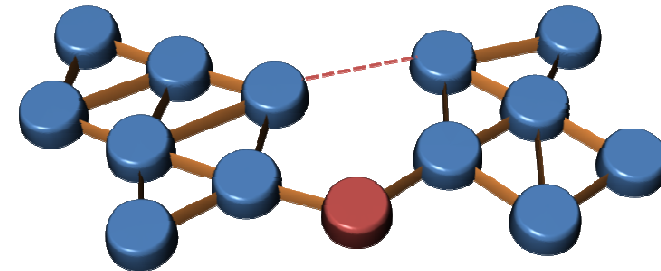
### Smart-node

Gestiscono l'automazione degli elettrodomestici e dei dispositivi elettronici



### Infrastruttura di rete

- Interconnessione fisica dei nodi
- Protocolli di comunicazione e gestione





## FPGA in contesti Home Automation

- Grazie alla loro flessibilità ed alle capacità di integrazione con una vasta gamma di hardware (HW), gli FPGA rappresentano target ideali per lo sviluppo di smart-node per Home Automation
- Es: controllo luci (PWM e relay), acquisizione video, streaming audio ...
- Inoltre, la disponibilità di interfacce Ethernet consente la compatibilità, dal punto di vista HW, di comunicazione in rete con PC e smart-device
- Infine, la possibilità di istanziare softcore (NIOS-II) e di eseguire software general-purpose direttamente on-board consente una rapida ed efficace integrazione del software ed una interazione con la rete per mezzo di protocolli standard (grazie alla disponibilità di stack embedded TCP/IP)

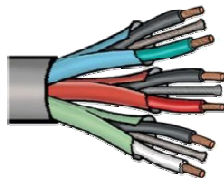


# Barriere alla diffusione dell'Home Automation

L'infrastruttura di rete è un punto cruciale delle tecnologie di HA

- Costo della tecnologia
- Flessibilità ed espandibilità della rete
- Affidabilità
- Prestazioni
- Necessità di interventi strutturali
- Privacy e sicurezza

## Tecnologie esistenti



### Reti cablate (ad-hoc)

Es: RS-485, X10, BTicino MyHome

- Alti costi di installazione
- Alta affidabilità
- Prestazioni scadenti  
(BTicino MyHome: 9600 bps)



### Onde convogliate

Tecnologie PowerLine

- Rete elettrica come mezzo trasmissivo
- Copertura di rete capillare
- Ottime prestazioni (fino a 200 Mbit/s)
- Assenza di interventi strutturali



### Reti wireless

Es: Wireless sensor networks ZigBee

- Facilità di installazione
- Prestazioni discrete ( $\approx 100$  Kbps)
- Scarsa affidabilità
- Batterie



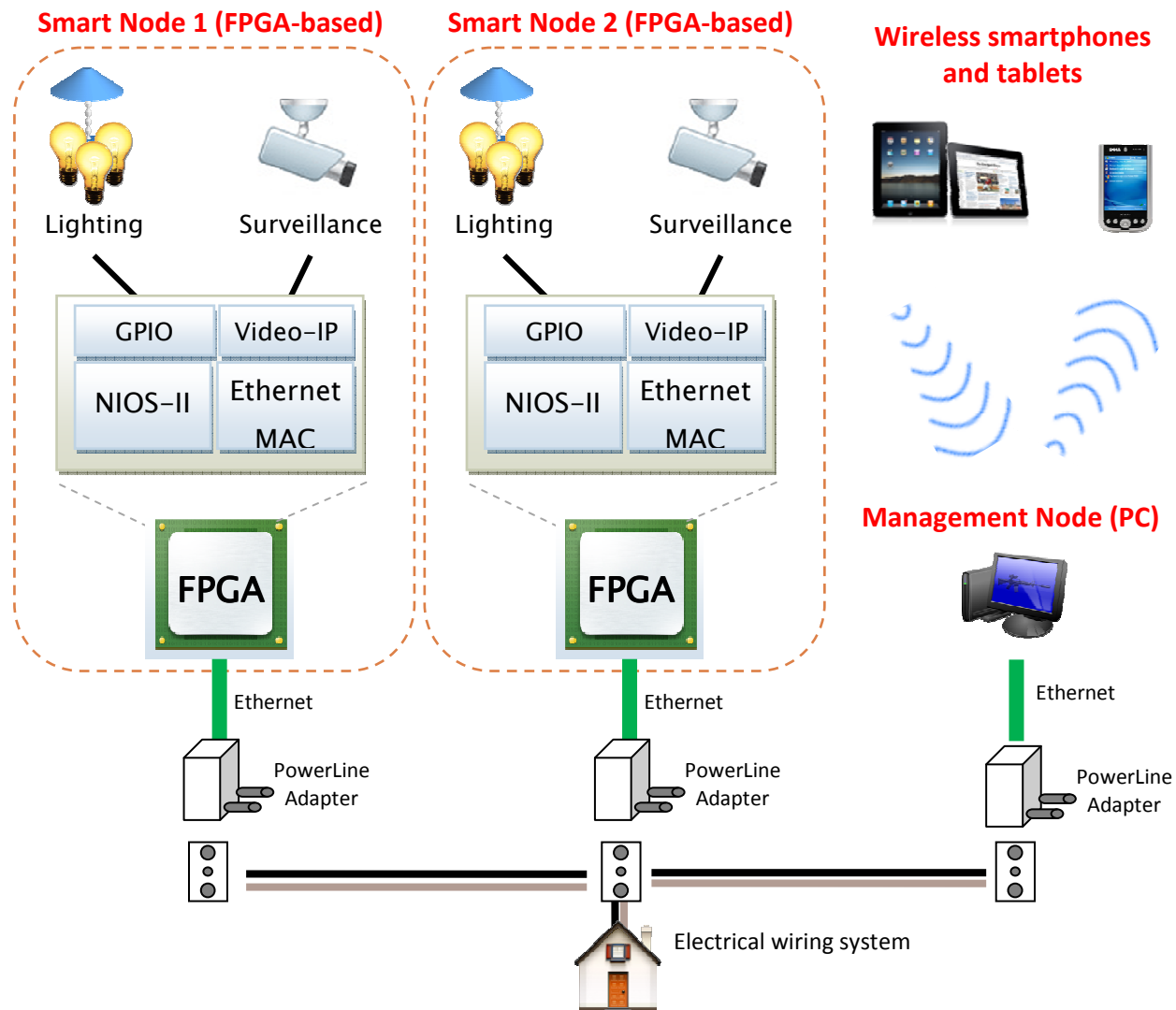
## Tecnologie Powerline

- Trasmissione di dati digitali sulla linea elettrica
- Nate negli anni 80
  - Banda piuttosto ridotta (decine di Kbit/s) a causa delle tecniche di modulazione elementari
  - Bassa diffusione dovuta alla banda ridotta ed alla scarsa immunità ai disturbi
- Oggi
  - Utilizzano tecniche di modulazione “avanzate” derivate dalle tecnologie wireless
  - Banda più ampia (200 Mbit/s) e maggiore affidabilità delle comunicazioni
  - Tipicamente adoperate realizzare LAN domestiche sfruttando la rete elettrica , in alternativa alle soluzioni wireless

## Utilizzo nell'ambito dell'Home Automation ?



# Architettura di riferimento





# Problemi affrontati

## Realizzazione degli smart-node su FPGA

- Funzione di controllo luci (GPIO)
- Funzione di video-sorveglianza (Framegrabber)

## Realizzazione dell'infrastruttura software

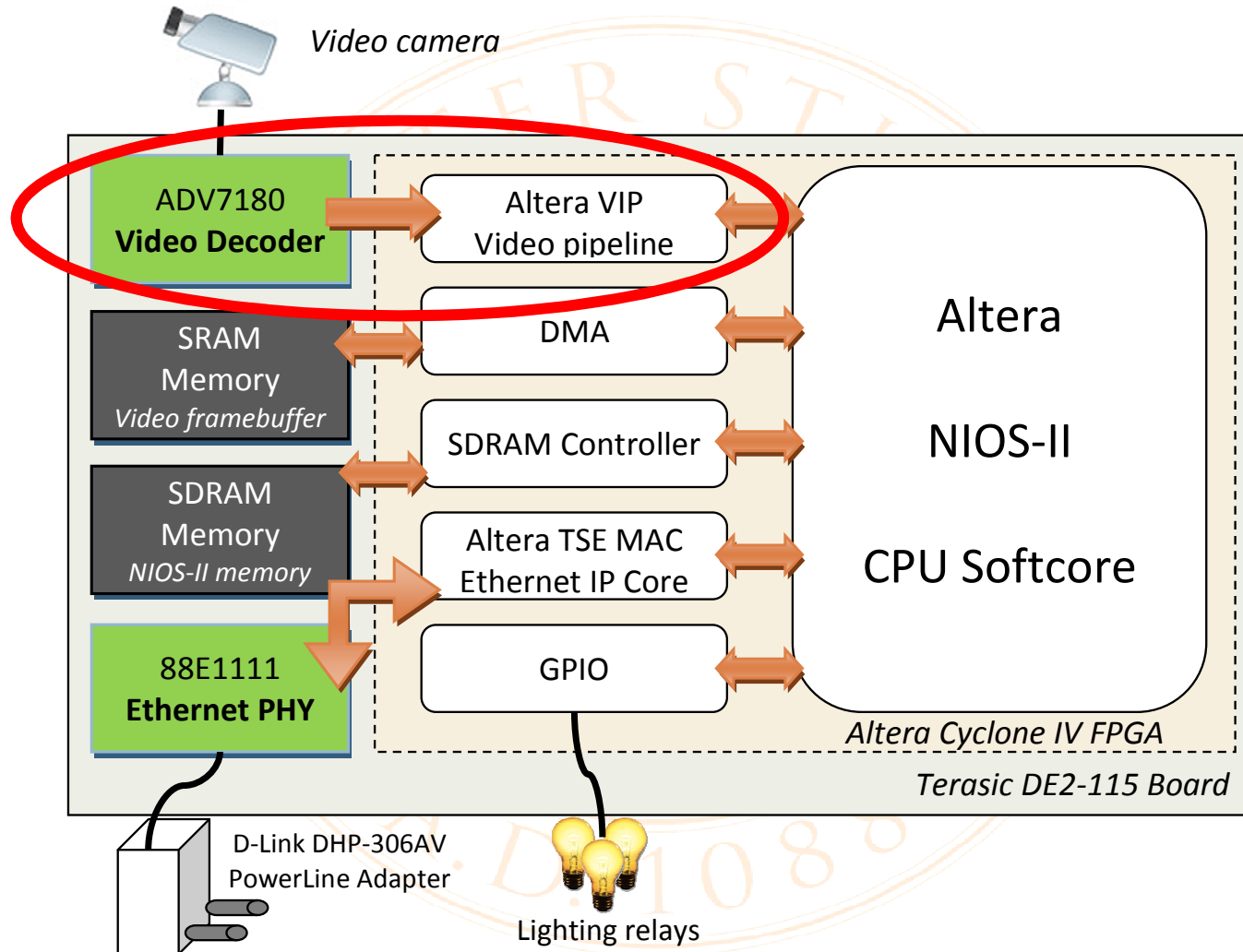
- Integrazione del software di gestione dei nodi su NIOS-II
- Realizzazione del protocollo di gestione e controllo dei nodi tramite rete
- Integrazione con dispositivi "standard": PC, tablet e smartphone

## Valutazione sperimentale della soluzione

- Applicazione di esempio: streaming e videosorveglianza
- Analisi dell'affidabilità e delle prestazioni della rete



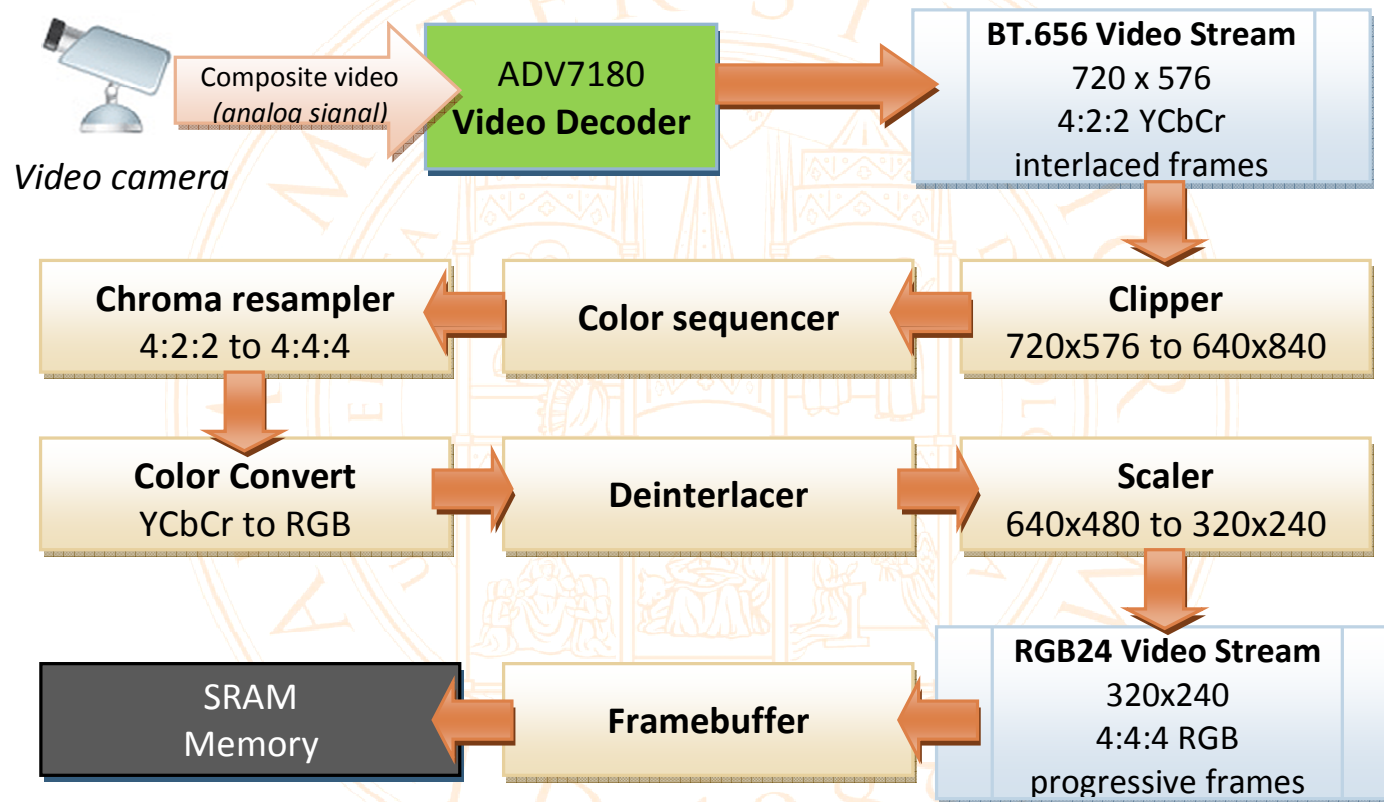
# Architettura hardware degli smart-node







# Realizzazione del framegrabber



# Alcune considerazioni sullo sviluppo hardware

Linee di codice (VHDL /Verilog) scritte per lo sviluppo dell'hardware:



Gli strumenti messi a disposizione dalla suite Qsys hanno permesso lo sviluppo della infrastruttura hardware avvalendosi interamente di componenti plug-and-play. In particolare:

- La suite Altera VIP (Video and Image Processing) per quanto riguarda il framegrabber.
- Il softcore NIOS-II per quanto riguarda la piattaforma embedded a supporto del SW.
- Il Triple Speed Ethernet MAC per l'interfacciamento con la rete.

<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	camera_in	Clocked Video Input
		<input type="checkbox"/>	is_clk_rst_reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	clipper	Clipper
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	color_sequencer	Color Plane Sequencer
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	chroma_resampler	Chroma Resampler
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	color_convert	CSC
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	deinterlacer	Deinterlacer
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	scaler_down	Scaler
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	framebuffer	Frame Buffer
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	sram	TERASIC_SRAM
		<input type="checkbox"/>	clock_reset_reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	scaler_up	Scaler
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	vga_out	Clocked Video Output
		<input type="checkbox"/>	is_clk_rst_reset	Reset Input

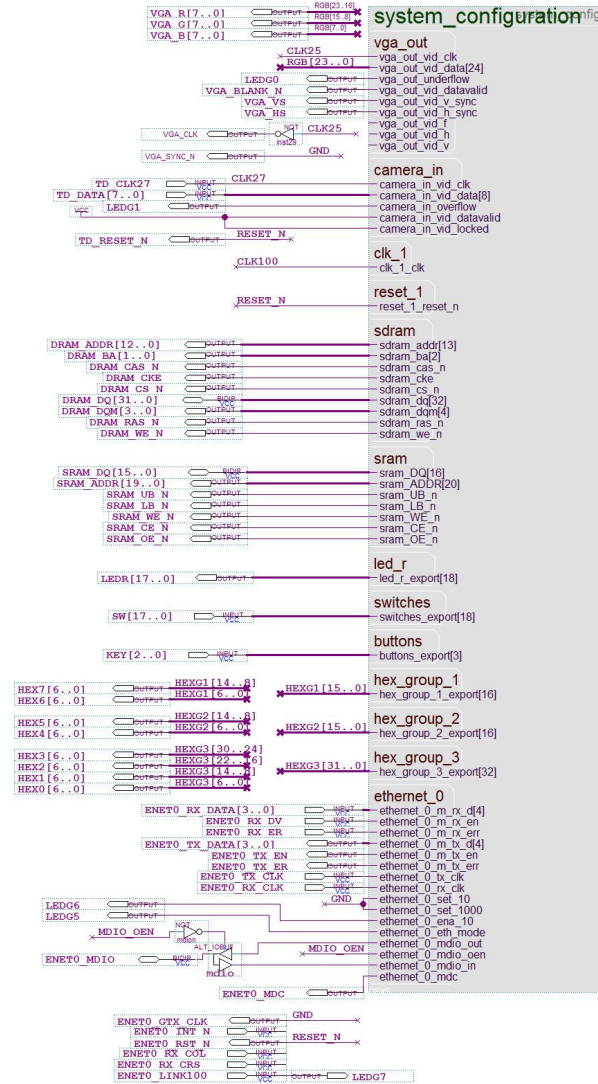
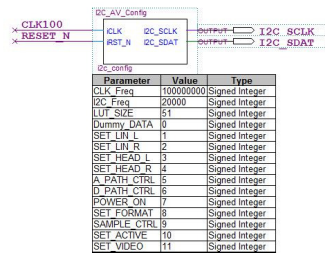
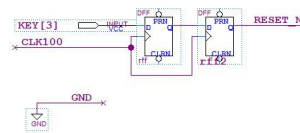
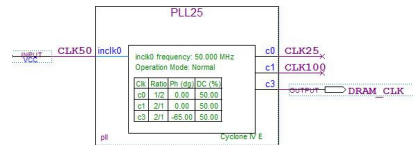
Componenti Altera VIP

NIOS-II + periferiche

<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	cpu	Nios II Processor
		<input type="checkbox"/>	reset_n	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	jtag_uart_0	JTAG UART
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	sys_timer	Interval Timer
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	sdram	Reset Input
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	led_r	PIO (Parallel I/O)
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	switches	PIO (Parallel I/O)
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	buttons	PIO (Parallel I/O)
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	hex_group_1	PIO (Parallel I/O)
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	hex_group_2	PIO (Parallel I/O)
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	hex_group_3	PIO (Parallel I/O)
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	tse_mac	Triple-Speed Ethernet
		<input type="checkbox"/>	reset_connection	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	sgdma_tx	Scatter-Gather DMA Controller
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	sgdma_rx	Scatter-Gather DMA Controller
		<input type="checkbox"/>	reset	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	descriptor_memory	On-Chip Memory (RAM or ROM)
		<input type="checkbox"/>	reset1	Reset Input
<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	dma_fb	DMA Controller

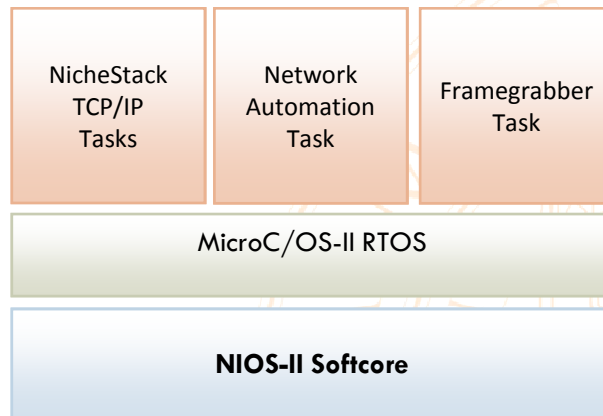


# Design top-level finale



# Infrastruttura software

## Lato Smart-node (FPGA)



E' stato adottato il MicroC/OS-II RTOS per integrare:

- Lo stack embedded TCP/IP (NicheStack)
- Le funzionalità del framegrabber (sincronizzazione del framebuffer con la trasmissione in rete)
- Il protocollo di comunicazione che consente l'interazione con gli altri nodi sulla rete di Home Automation

## Lato PC



E' stata sviluppata una piccola applicazione dimostrativa avvalendosi della piattaforma Microsoft Windows (Windows 7).

Il software comunica con il nodo smart (per la gestione dei framegrabber). Inoltre, è possibile comunicare con il nodo smart una rapida integrazione anche con dispositivi mobili.



Home automation over mains with Altera NIOS-II

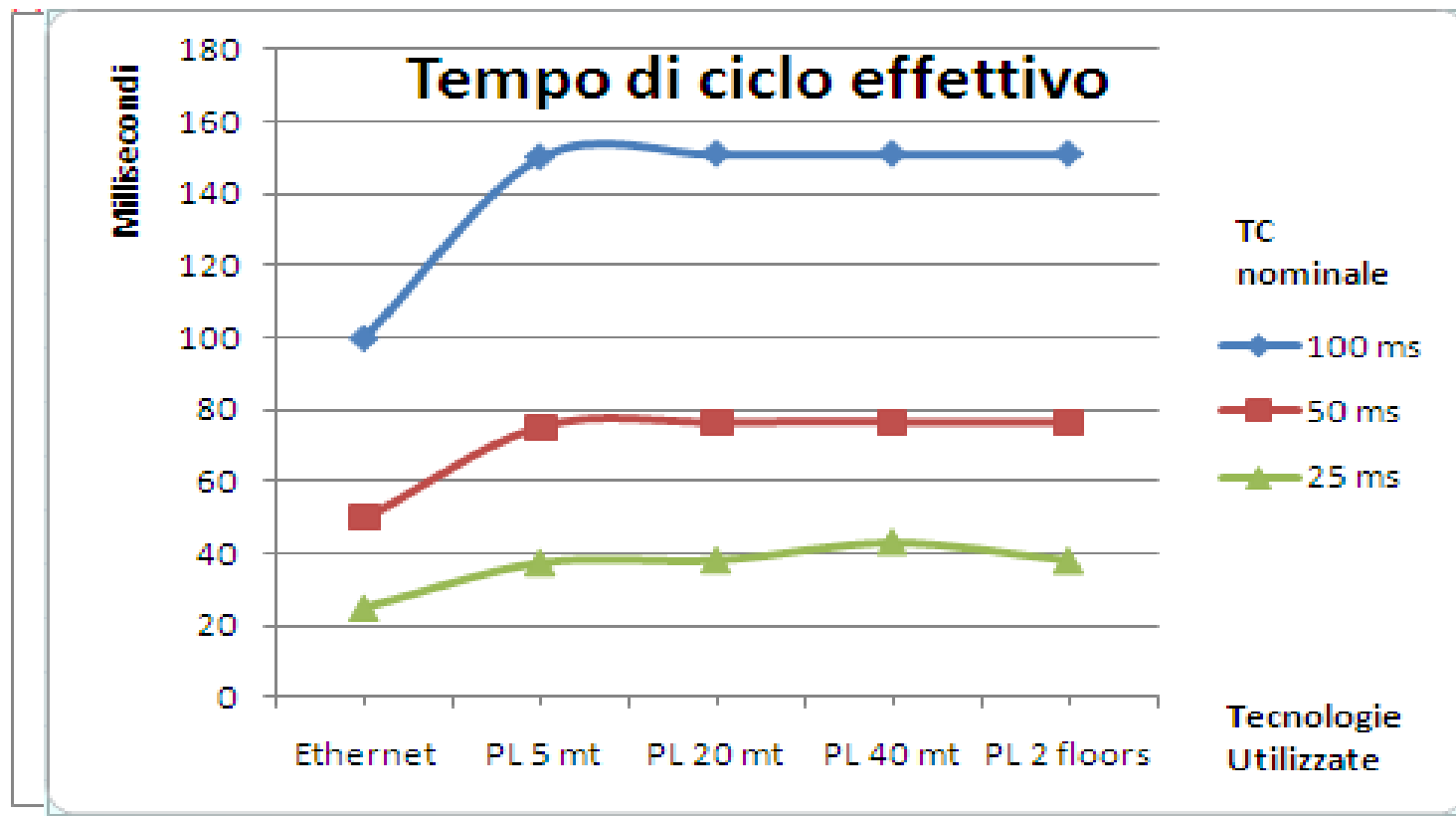
Altera InnovateItaly 2011 - Primiano Tucci, Filippo Gregori



# Valutazioni sperimentali della rete

Analisi comparata: Ethernet (cablato) vs. PowerLine (a diverse distanze)

Durata dei test: 60 secondi





# Grazie per l'attenzione

**Ed in particolare ...  
Grazie Altera**

