



La tua
Campania
cresce in
Europa

Allegato B: Rimodulazione

**AVVISO PUBBLICO PER IL FINANZIAMENTO DELLO
SVILUPPO DI RETI DI ECCELLENZA TRA UNIVERSITÀ - CENTRI DI RICERCA -
IMPRESE**

FORMULARIO

Progetto: Embedded Systems in Critical Domains - (Tecnologie e Metodi per lo sviluppo di Sistemi Embedded in domini critici per tempo e sicurezza)

Università capofila Università degli Studi di Napoli "Federico II"

Legale rappresentante del beneficiario : il Delegato Prof. Antonino Mazzeo

Oggetto: Rimodulazione Budget di Progetto

In riferimento alla vs. comunicazione prot. 2011.0355763 del 06/05/2011 si trasmette la rimodulazione economica del progetto Embedded Systems in Critical Domains con evidenza della spesa suddivisa per singolo soggetto attuatore nell'ambito di ciascuna tipologia di attività'.

Napoli, 16/05/2011

Prof. Antonino Mazzeo

5. Costo e fonti di finanziamento del progetto

Costo e fonti di finanziamento del progetto

Risorse		Totale
Contributo richiesto a valere sul POR Campania FSE 2007-		2.998.669,50
Altre risorse pubbliche	Comunitarie	0,00
	Nazionali	0,00
	Regionali	0,00
	Comunali	0,00
	Altro	0,00
Private	Cofinanziamento imprese	255.275,36
	Cofinanziamento CNIT e CERICT	3.874,53
	Cofinanziamento CRIAI -finanziamento soci	5.136,00
TOTALE		3.262.955,39

20. Identificazione e descrizione della linea di azione I: attività di ricerca

(la riga relativa al costo del progetto deve essere compilata coerentemente con l'art. 5 dell'avviso)

Descrizione	Attivazione di attività di ricerca congiunte tra i partner del progetto, attraverso assegni e contratti di ricerca, finalizzati alle tematiche del progetto. La ricerca non solo affronterà problematiche di natura metodologica, ma fornirà risultati concreti in termini di tecniche efficienti per la progettazione e per l'ingegnerizzazione di sistemi embedded innovativi e competitivi.
Obiettivi	<ul style="list-style-type: none">- Metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded basati su tecnologie emergenti- Modellazione e simulazione di sistemi embedded complessi.- Testing, verifica e validazione di sistemi embedded complessi.- System engineering in ambito embedded.- Metodologie e tecniche legate a requisiti specifici del dominio applicativo.- Problematiche legate a "sistemi di sistemi embedded" connessi in rete.
Risultati attesi	Definizione di metodologie, strumenti ed ambienti di progettazione, sviluppo, testing, verifica e validazione (V&V) di sistemi embedded innovativi. Definizione di strategie e "best practices" per la progettazione e per l'ingegnerizzazione di sistemi embedded innovativi e competitivi. Presidio dei livelli "cutting-edge" della tecnologia dei sistemi embedded da parte delle realtà produttive regionali.
Collegamento con il contesto sociale ed economico locale	Il contesto regionale campano vede già un ampio ventaglio di realtà industriali, attive nella progettazione e nello sviluppo di sistemi embedded innovativi e di elevata qualità. Ai fini della conservazione di questa condizione di eccellenza scientifico/tecnologica è assolutamente essenziale che si metta in atto un'azione coordinata, che veda congiuntamente impegnati il mondo della ricerca e quello industriale, centrata sulle tematiche chiave della realizzazione di sistemi embedded. Ne consegue che le realtà sopra citate beneficerebbero certamente dei risultati del Progetto.
Valenza innovativa	Il settore dei sistemi embedded è caratterizzato da una forte competizione a livello globale e pertanto la possibilità di accedere alle posizioni di leadership è strettamente legata alla capacità delle aziende, singolarmente e collegate in rete, di risolvere in maniera efficace ed efficiente una serie di problematiche di progetto e di industrializzazione, che non può prescindere da un presidio costante delle frontiere della ricerca applicata. La complementarietà delle competenze messe in campo dai proponenti, sia sul piano metodologico che su quello tecnologico, è garanzia di successo del progetto.
Costo (inclusi costi indiretti)	€ 2.117.621,09

21. Identificazione e descrizione delle linea di azione II: attività di formazione

(la riga relativa al costo del progetto deve essere compilata coerentemente con l'art. 5 dell'avviso)

Descrizione	Attivazione di dottorati di ricerca, borse di studio e attività di training on the job. Erogazione di percorsi formativi specialistici su tematiche strettamente correlate alla progettazione ed all'industrializzazione di sistemi embedded, anche attraverso il potenziamento delle Scuole di Dottorato e dei Master Universitari già attivi presso i vari partner accademici partecipanti al progetto.
Obiettivi	Formare professionisti altamente specializzati su metodologie, strumenti ed ambienti di progettazione, sviluppo, testing, verifica e validazione (V&V) di sistemi embedded innovativi. Innalzare il livello di conoscenza delle strategie e delle "best practices" per la progettazione e per l'ingegnerizzazione di sistemi embedded innovativi e competitivi, consentendo il presidio dei livelli "cutting-edge" della tecnologia dei sistemi embedded da parte delle realtà produttive regionali.
Risultati attesi	Al termine del progetto saranno disponibili sul territorio figure professionali in grado di affrontare le problematiche legate a tutti gli aspetti del processo di progettazione e di realizzazione di sistemi embedded innovativi. Ciò consentirà alle realtà industriali regionali di consolidare la propria posizione di leadership nello scenario mondiale della produzione di sistemi embedded innovativi.
Collegamento con il contesto sociale ed economico locale	I professionisti formati potranno essere assorbiti dalle realtà aziendali partecipanti al progetto, soddisfacendo l'esigenza di colmare lo skill shortage relativo alle specifiche tematiche dei sistemi embedded. Ciò si tradurrà in un evidente vantaggio competitivo delle realtà produttive locali, in termini di consolidamento della propria leadership tecnologica e di mercato.
Carattere innovativo e/o sperimentale rispetto alle attività istituzionali programmate dalle Università	I percorsi formativi previsti dal progetto hanno una connotazione verticale che differisce dal carattere più generale dei normali percorsi formativi universitari. Inoltre la sinergia con le realtà industriali consentirà un inserimento più immediato nelle realtà produttive regionali. Il rigore metodologico tipico dell'accademia, opportunamente modulato dal costante confronto con i vincoli produttivi e del mercato, si concretizzerà in un modello formativo innovativo, efficiente ed efficace.
Costo (inclusi costi indiretti)	€ 881.085,84

22. Identificazione e descrizione delle linea di azione III: attività di diffusione dei risultati

(la riga relativa al costo del progetto deve essere compilata coerentemente con l'art. 5 dell'avviso)

Descrizione	La diffusione dei risultati della ricerca in ambito nazionale ed internazionale avverrà attraverso l'attivazione di borse e contratti per favorire l'ampliamento e il sostentamento delle reti di eccellenza campane nel settore dei sistemi embedded in ambito nazionale e transazionale. Specifiche attività saranno pianificate per favorire la diffusione anche attraverso interventi di training on the job presso le imprese e i centri di ricerca operativi e di rete.
Obiettivi	Dare ampia visibilità ai risultati del progetto, attraverso la mobilità di dipendenti e ricercatori presso aziende e centri di ricerca nazionali ed esteri, la partecipazione a congressi, comitati di programma e di standardizzazione, la pubblicazione di articoli scientifici. Attrarre le future generazioni verso tematiche di ricerca finalizzate alla produzione di sistemi embedded nel territorio campano.
Risultati attesi	Maggiore visibilità dell'eccellenza campana nel settore della progettazione, sviluppo e gestione di sistemi embedded in ambiti locali, nazionali ed internazionali. Miglioramento della capacità di penetrazione delle imprese campane operanti nel settore dei sistemi embedded nei mercati nazionali ed internazionali. Aumento dell'attrattiva della regione agli occhi del mondo imprenditoriale.
Collegamento con il contesto sociale ed economico locale	Le attività di diffusione consentiranno un più proficuo inserimento di figure ad alto profilo professionale nel contesto campano, favoriranno il rientro di competenze dall'estero e l'investimento di future risorse nel settore dei sistemi embedded in Campania. La percezione concreta delle potenzialità del territorio avranno un impatto positivo in termini di investimenti nella regione da parte di imprenditori locali e non.
Valenza innovativa	La diffusione dei risultati avverrà non soltanto attraverso strumenti consolidati, come la partecipazione a congressi e le pubblicazioni, ma anche attraverso il coinvolgimento attivo di persone chiamate a svolgere periodi di permanenza presso centri di ricerca e imprese nazionali ed estere operanti nel settore. I consolidati contatti di collaborazione delle università e imprese campane con entità al di fuori del territorio regionale sono il necessario volano alla diffusione delle competenze campane sui sistemi embedded in ambiti internazionali.
Costo (inclusi costi indiretti)	€ 264.248,46

33. Temporizzazione e composizione delle risorse finanziarie

(suddividere per anno il totale delle risorse pubbliche e private)

Risorse		0	1	2	Totale
Contributo richiesto a valere sul POR Campania FSE 2007-2013		€954.503,26	€1.047.807,26	€996.358,98	€2.998.669,50
Altre risorse pubbliche	Comunitarie				
	Nazionali				
	Regionali				
	Comunali				
	Altro				
Private	Cofinanziamento imprese	€61.694,45	€96.790,45	€96.790,45	€255.275,36
	Cofinanziamento CNIT E CERIO	€1.291,51	€1.291,51	€1.291,51	€3.874,53
	Cofinanziamento CRIAI - finanziamento soci	€1.712,00	€1.712,00	€1.712,00	€5.136,00
TOTALE		€1.019.201,22	€1.147.601,22	€1.096.152,95	€3.262.955,39

34. Cofinanziamento del partner impresa

(da compilare solo nel caso in cui l'impresa partner cofinanzia il progetto)

Denominazione dell'Impresa	Valore assoluto del cofinanziamento	Valore percentuale del cofinanziamento
SESM	€83.391,36	34,04%
FIAT GA	€11.984,00	4,89%
ANSALDO STS	€104.071,84	42,48%
FIAT ITEM	€11.984,00	4,89%
FIAT PwTr	€18.923,86	7,72%
Optosmart	€7.704,00	3,14%
Nextsoft	€17.216,30	7,03%

35. Quadro economico del progetto

(indicare i costi da sostenere per il progetto, disaggregandoli per anno e per tipologia di costo in coerenza con quelle indicate nell'allegato A.4.5 del Manuale dell'Autorità di Gestione per l'attuazione del POR Campania FSE 2007-2013)

Tipologia di costi	0	1	2	Totale
a. Preparazione	€48.082,50	€48.082,50	€0,00	€96.165,00
b. Realizzazione	€902.121,61	€902.121,61	€902.121,61	€2.706.364,84
c. Diffusione dei risultati di progetto	€0,00	€123.480,59	€123.480,59	€246.961,18
d. Direzione e controllo interno	€0,00	€0,00	€0,00	€0,00
e. Totale costi diretti (a+b+c+d)	€950.204,11	€1.073.684,70	€1.025.602,20	€3.049.491,02
f. Costi indiretti	€66.514,29	€75.157,93	€71.792,15	€213.464,37
TOTALE (e+f)	€1.016.718,40	€1.148.842,63	€1.097.394,36	€3.262.955,39

42. Descrizione delle attività previste nell'ambito delle singole linee di azione

Attività previste per singola linea di azione	Descrizione puntuale sia dal punto di vista tecnico che organizzativo di ciascuna attività	Risorse previste per ciascuna attività (in coerenza con art. 6 dell'avviso)
Linea di azione I		€ 2.117.621,09
Attività 1.1: Metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded	Studi recenti di settore hanno evidenziato come circa il 90% dei processori prodotti dal mercato facciano parte di sistemi embedded, ossia sistemi di calcolo composti sia da hardware che da software, capaci di controllare e di reagire continuamente ed autonomamente a sollecitazioni di vario tipo prodotte dall'ambiente esterno. I sistemi embedded si diffondono rapidamente nei più svariati ambiti applicativi	€ 519.207,45

quali ad esempio le telecomunicazioni, l'aeronautica, l'elettronica per il settore automobilistico, le applicazioni militari.

Negli ultimi anni il settore della progettazione e sviluppo dei sistemi embedded è stato animato da una serie di rilevanti iniziative. Da una parte si sono affermati approcci Model-Driven per lo sviluppo; d'altra parte si è consolidata l'adozione di norme standard di riferimento per il settore (quali quelle dell'ISO 61508, che disciplinano i processi di verifica da attuare per il raggiungimento di stringenti requisiti di safety). Per lo sviluppo model-driven di sistemi embedded si sta diffondendo lo standard OMG "Modeling and Analysis of Real-time and Embedded systems" (MARTE), mentre in ambito automobilistico si sono affermati modelli architetturali di riferimento basati sul riuso, quale Autosar, e relativi processi di sviluppo per il software embedded.

Pur tenendo conto delle indicazioni fornite dagli standard, i recenti progressi riportati dalla letteratura specializzata evidenziano come la progettazione dei sistemi embedded debba essere affrontata a diversi livelli. I sistemi embedded sono infatti caratterizzati dal forte accoppiamento tra i componenti hardware e il software di controllo, ed integrano quindi soluzioni tecnologiche e approcci metodologici provenienti da diversi settori dell'ingegneria informatica, elettronica, e delle telecomunicazioni. La definizione di moderne metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded deve dunque portare in conto l'interdisciplinarietà che intrinsecamente caratterizza tali sistemi, e deve trarre vantaggio dalle diverse competenze maturate nei settori menzionati.

Per tali motivi, l'obiettivo della presente attività è quello di studiare,

approfondire e investigare l'utilizzo, in parte anche congiunto, di innovative metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded che affrontino il problema della realizzazione di tali sistemi a più livelli, come la progettazione architettonica, la realizzazione del software di controllo, la progettazione delle componenti circuitali e della parte sensoristica, lo sviluppo con hardware riconfigurabile.

Pertanto, l'attività sarà suddivisa nelle seguenti sotto-attività:

- **Metodologie per la progettazione architettonica:** i sistemi embedded richiedono architetture flessibili e ad alte prestazioni in grado di eseguire applicazioni concorrenti complesse. Lo studio affrontato nella sottoattività approfondirà il tema delle metodologie di progetto e sviluppo architettonica prendendo in considerazione diversi aspetti, quali l'utilizzo di architetture MultiProcessor-System on Chip (MPSoC), le architetture riconfigurabili per sistemi embedded fault-tolerant e la progettazione, sviluppo e utilizzo di coprocessori per il signal processing ad elevate prestazioni. Le architetture MPSoC coniugano l'alta capacità computazionale con la flessibilità di programmazione. I flussi di progetto convenzionali prevedono lo sviluppo della parte hardware e di quella software separatamente, ritardando la loro integrazione sino alla fase in cui l'hardware per il SoC è completamente definito. Questa mancanza di coordinazione comporta spesso significativi ritardi e costi. Uno degli scopi della sottoattività sarà dunque la definizione di un processo unificato per la generazione automatica e il mapping delle applicazioni per sistemi embedded multiprocessori, definendo una metodologia e le relative toolchain per la sintesi e prototipazione. Saranno inoltre approfondite le architetture di sistemi embedded fault-tolerant basati su una varietà di tecniche principalmente orientate a tecnologie hardware riconfigurabili. L'attività sarà volta

a sfruttare le capacità degli FPGA di autoriconfigurarsi parzialmente mentre parte dell'applicazione è in esecuzione. Tale approccio permette la realizzazione di sistemi in grado di adattarsi in tempo reale a fattori ambientali che possono influire sulla loro affidabilità. Sarà oggetto dell'attività lo studio dei diversi metodi presenti a riguardo in letteratura, dei loro limiti e delle modalità tramite le quali essi possono essere efficacemente combinati. L'obiettivo di ricerca è quello di rendere i sistemi embedded più intelligenti dal punto di vista della diagnostica e del fault recovery attraverso la realizzazione di un framework che consenta la definizione di agenti diagnostici, grazie ai quali sia possibile effettuare diagnosi e recovery. Infine, sono numerose le applicazioni dei sistemi embedded che richiedono l'effettuazione di calcoli complessi, con ridotti tempi di elaborazione, non compatibili con le capacità elaborative dei cores normalmente adoperati. Ad esempio, special function units per il calcolo delle funzioni elementari sono richieste per il rendering 3D così come il calcolo di trasformate (FFT, DCT). L'attività proposta è volta allo studio ed allo sviluppo di metodologie per la progettazione architetturale di tali coprocessori. In particolare, verranno investigati i circuiti per il calcolo in hardware, secondo lo standard virgola mobile IEEE 754, delle funzioni elementari e le metodologie per la realizzazione hardware della FFT.

- **Metodologie agili per la progettazione e sviluppo del software embedded:** diversi studi hanno iniziato ad esplorare la possibilità di introdurre nello sviluppo di software embedded pratiche e metodi tipici degli approcci agili per lo sviluppo del software nel settore IT, quali l'eXtreme Programming (o XP), il Test Driven Development (o TDD), e gli approcci Lean. Obiettivo della sottoattività è di proporre l'adozione di metodi agili nella progettazione e sviluppo industriale di software embedded al fine di migliorare l'efficacia e l'efficienza dei relativi processi di sviluppo. Tra le diverse pratiche agili

comunemente adottate per lo sviluppo di sistemi software il TDD, basato su una attività ciclica di implementazione e di testing, è tra gli approcci più promettenti per garantire il raggiungimento degli elevati livelli di qualità richiesti ai sistemi embedded moderni. La particolarità del TDD è che esso antepone all'implementazione dell'unità funzionale da sviluppare la produzione di codice per testare l'unità stessa dei test. Ovviamente, l'adozione dell'approccio TDD nell'ambito embedded non potrà prescindere dal considerare le differenze fra sviluppare software tradizionale e software destinato a specifiche piattaforme ed architetture hardware.

Per introdurre l'approccio TDD in ambito embedded e valutarne la fattibilità ed efficacia in ambito industriale saranno necessarie la definizione di strategie per l'introduzione del ciclo di sviluppo Test Driven nella produzione reale di sistemi embedded, la definizione di metodi, tecniche e strumenti a supporto di tale ciclo di sviluppo, e la valutazione sperimentale dell'efficacia dell'approccio TDD attraverso la conduzione di studi pilota nell'ambito di processi selezionati di produzione industriale di sistemi embedded.

- **Metodologie per la progettazione e sviluppo della parte circuitale:** obiettivo della sottoattività è definire metodologie innovative di progettazione e sviluppo delle componenti circuitali del sistema embedded, con l'obiettivo peculiare di ottenere sistemi embedded con ridotte interferenze elettromagnetiche e ridotta dissipazione di potenza. La riduzione delle interferenze elettromagnetiche prodotte dai circuiti digitali nei sistemi embedded è oggi divenuto un importante problema progettuale, a causa del continuo aumento della frequenza operativa, delle elevate correnti commutate e delle stringenti norme di compatibilità elettromagnetica. L'obiettivo dell'attività è lo sviluppo di generatori di clock completamente digitali con tecniche di spread-spectrum, volte a ridurre il livello di

picco dell'emissione elettromagnetica del circuito. In particolare, si studieranno metodologie e tecniche che consentono di non utilizzare PLL, in modo da ottenere circuiti facilmente integrabili in qualsiasi sistema embedded digitale. D'altro canto, la riduzione di potenza nei sistemi embedded digitali è una delle tematiche di ricerca di maggiore interesse a livello internazionale, sia per aumentare l'autonomia dei sistemi portatili, sia per ridurre l'aumento di temperatura nei sistemi ad alte prestazioni. L'attività proposta è dunque volta allo studio ed alla implementazione di tecniche atte a ridurre la dissipazione di potenza nei moderni sistemi embedded. Nel dettaglio, verranno investigate soluzioni circuitali innovative per implementare tecniche di frequency management, dynamic voltage scaling e body biasing adattativo.

- **Metodologie di progettazione della parte sensoristica:** i sistemi embedded necessitano di informazioni acquisite dall'ambiente operativo per poter elaborare le decisioni che implementano. Tali informazioni sono spesso raccolte attraverso vere e proprie reti di sensori installate nell'ambiente da monitorare o controllare. L'obiettivo della sottoattività è dunque quello di definire metodologie di progettazione per reti di sensori innovative, dotate di capacità di comunicazione wireless, che possano funzionare in presenza di forti criticità, quali quelle dettate dai sistemi embedded, caratterizzati da vincoli molto stringenti in termini di memoria, costo, consumo energetico e prestazioni. Tale attività sarà preceduta da una fase di studio delle soluzioni attualmente proposte in letteratura, delle quali saranno individuati i limiti e suggeriti eventuali soluzioni alternative. In tale contesto, saranno anche investigate metodologie riguardanti la progettazione di sistemi di acquisizione basati su sensori a microonde, i quali possono essere adoperati in diversi scenari realistici, come nel supporto alla guida in ambiente automotive e nei sistemi di through-the-wall (TWI) imaging per la sicurezza. In particolare, si prenderanno in

considerazione diversi sensori (tipicamente radar) e si identificheranno le linee guida del loro sviluppo, partendo dalla definizione delle prestazioni richieste e di quelle ottenibili nell'ambito considerato (auto motive, TWI imaging), considerando i diversi scenari di utilizzo reale. In particolare, si valuterà se le prestazioni richieste sono ottenibili con sistemi embedded approntando uno studio preliminare.

- **Metodologie per la progettazione di componenti basati su hardware riconfigurabile:** una tendenza di ricerca affermata nei sistemi embedded riguarda l'adozione di hardware riconfigurabile, come FPGA e DSP, per l'implementazione e la prototipazione rapida in hardware di funzionalità particolarmente critiche per il sistema. L'oggetto principale di tale sottoattività riguarderà l'approfondimento di tecniche di *high-level synthesis* (HLS) per sistemi implementati su tecnologie riconfigurabili, le quali spostano verso l'alto il livello di astrazione nello sviluppo di sistemi digitali, in ragione della crescente complessità che tali sistemi possono raggiungere. Un processo di sintesi di alto livello permette di descrivere funzionalità complesse del sistema in un linguaggio di alto livello, ad esempio, C, C++, o SystemC, e di sottoporre tale descrizione ad un processo di analisi che, sotto una serie di vincoli architetturali ed attraverso opportune trasformazioni operate su rappresentazioni intermedie dell'applicazione, deriva automaticamente una descrizione di tipo Register Transfer Level (RTL) in un normale HDL, quali VHDL e Verilog, normalmente sintetizzabile. I vantaggi di tale processo sono rappresentati dalla maggiore efficienza del processo di sviluppo, così come da una maggiore facilità della fase di verifica del sistema hardware complesso. Un secondo aspetto oggetto di approfondimento sarà rappresentato dal supporto al partizionamento semiautomatico hardware/software, con la possibilità di estrarre informazioni e stime relative all'implementazione hardware (ad esempio, consumo

di risorse) il prima possibile nello sviluppo del flusso di progetto. Infine, sarà investigato lo sviluppo di interfacce radio basate su hardware programmabile. Si prevede infatti che i dispositivi radio di prossima generazione saranno costruiti su piattaforme hardware flessibili e programmabili, basati su dispositivi come FPGA, DSP e processori dedicati, anche multicore, per l'elaborazione dei segnali. La disponibilità di questo tipo di hardware rende possibile lo sviluppo di nuove interfacce radio basate sul paradigma software defined radio (SDR), su cui costruire radio cognitive. L'obiettivo è lo sviluppo di algoritmi e architetture implementative per le radio cognitive software, che siano efficienti dal punto di vista della trasmissione e della complessità computazionale e che siano in grado di compensare via software le imprecisioni dell'hardware (dirty-RF). Obiettivo della ricerca è anche lo sviluppo di dispositivi prototipali per l'analisi dello scenario radio in contesti cognitive, come ad esempio misurazioni di canali, spectrum sensing, energy detection.

Infine, sarà investigato lo sviluppo di architetture di processori embedded su FPGA pensati per applicazioni real-time, ottimizzati per realizzare sistemi con prestazioni comparabili a soluzioni basate su Finite State Machine (FSM). L'attività prevede lo studio ed il progetto di un core RISC a ridotto numero di livelli di pipeline e con istruzioni specializzate per la gestione di eventi timing-critical, accelerate da periferici hardware. La ricerca prevede inoltre lo sviluppo di un canale di trasmissione seriale ad alta velocità (> 1Gbits/s) per realizzare l'I/O e la sincronizzazione di più processori con latenze fisse e predicibili. Ciò permetterà di realizzare sistemi multi-core scalabili su più FPGA per il controllo di sistemi complessi.

<p>Attività 1.2: Modellazione e simulazione di sistemi</p>	<p>La complessità intrinseca dei sistemi embedded rende difficile l'analisi diretta delle prestazioni ottenibili a partire da implementazioni reali. L'utilizzo di modelli simulativi risulta spesso l'unica soluzione che</p>	<p>€ 343.474,84</p>
---	--	---------------------

embedded complessi

consenta un'analisi ed un approfondimento delle problematiche peculiari di tali sistemi dato che, per essi, non esistono praticamente soluzioni in forma chiusa, se si escludono casi banali di protocolli di comunicazione e di configurazioni di rete. Tuttavia, la simulazione della comunicazione in rete e dell'integrazione tra le varie sotto-componenti del sistema embedded comporta un'elevata complessità computazionale, richiedendo spesso soluzioni dedicate per le singole parti (e per le specifiche funzionalità) dei sistemi complessi oggetto di studio. Emerge dunque l'esigenza di integrare differenti soluzioni computazionali, per giungere ad una gestione ottimizzata di soluzioni eterogenee, di tipo sia "time-driven" che "event-driven".

Il comportamento di una rete complessa a differenti livelli di dettaglio richiede l'impiego di modelli di grosse dimensioni, che possono essere ottenuti soltanto impiegando linguaggi specifici per il dominio e ricorrendo a tecniche avanzate di automatizzazione delle fasi di progettazione dei modelli stessi. Inoltre, il progetto di funzionalità legate all'affidabilità e al funzionamento in presenza di fallimenti richiede l'impiego di approcci innovativi, nonché di algoritmi e metodologie che travalichino il confine della progettazione tradizionale dei sistemi embedded. Infine, l'utilizzo di soluzioni tecnologiche provenienti da settori scientifici differenti richiede l'adozione integrata di diverse tipologie di modelli, capaci di catturare diversi aspetti, riguardanti ad esempio l'interconnessione in rete, il funzionamento in presenza di guasti, le condizioni ambientali, o l'utilizzo di hardware dedicato, quali GPU.

Scopo di tale attività è dunque la formulazione di opportune metodologie e tecniche per la modellazione e la simulazione di sistemi embedded complessi, capaci di portare in conto i diversi aspetti sopra menzionati.

A tal fine, l'attività è suddivisa nelle seguenti sotto-attività:

- **Metodologie e tecnologie per la simulazione di sistemi embedded complessi interconnessi in rete:** il dominio dei sistemi embedded complessi e interconnessi in rete presenta un variegato insieme di sfide metodologiche per affrontare la sua natura intrinsecamente estesa ed incerta. Per affrontare tali problemi, la presente sottoattività si propone di progettare linguaggi di dominio specifici per consentire una modellazione efficiente dei sistemi, conformemente al fattore di scala preso in considerazione. Ciò richiede sviluppi ulteriori nel campo della progettazione dei linguaggi, legati, ad esempio, alle cosiddette tecniche di “anchoring” semantico. Inoltre, sarà investigato l’utilizzo di approcci “generativi” per la modellizzazione automatizzata, per portare in conto la natura altamente dinamica ed estesa di tali sistemi. Infine, al fine di affrontare le intrinseche incertezze di tali sistemi, sarà valutato l’impiego di metodologie di diagnosi basate su modelli capaci di prendere in considerazione l’intricato insieme di caratteristiche dei sistemi di rete, primo tra tutti il carattere intermittente delle situazioni di errore. Per quanto concerne le tecnologie di simulazione, allo scopo di gestire la complessità dei sistemi embedded, esse ricadono in larga parte nel campo della simulazione computazionale. In tale ambito, saranno investigati i seguenti temi di ricerca: (i) l’integrazione efficiente di motori di esecuzione time-driven ed event-driven; (ii) le soluzioni per la simulazione “accelerata”, ad esempio mediante tecniche di emulazione hardware; (iii) il supporto per l’integrazione di codice C per la simulazione di protocolli nativi di rete.

Un caso speciale di sistemi embedded interconnessi in rete è costituito dalle reti di sensori distribuiti (Distributed Sensor Networks, DSN). Tali reti sono caratterizzate da un numero tipicamente molto elevato di nodi, ciascuno dei quali con severe limitazioni in termini di energia, capacità di calcolo e capacità di comunicazione, e i singoli sensori hanno una probabilità significativa di malfunzionamento. Questo

scenario, di particolare interesse per applicazioni quali il monitoraggio ambientale, la meteorologia, gli studi biologici e il controllo di qualità industriale, richiede pertanto tecniche specifiche per la realizzazione di modelli analitici e per l'analisi e la verifica mediante strumenti di simulazione.

- **Modelli simulativi per l'analisi prestazionale di sistemi embedded complessi in presenza di fallimenti:** uno degli aspetti cruciali per la realizzazione dei futuri sistemi embedded complessi riguarda l'analisi delle prestazioni del sistema in presenza di fallimenti (anche detta *performability* del sistema). Risulta infatti necessario valutare la capacità del sistema di funzionare in maniera corretta (e/o in modalità degradata) anche in caso di fallimenti dovuti alla presenza di guasti hardware e bug software residui che possono attivarsi durante il funzionamento. Tali analisi prestazionali vanno effettuate durante le fasi di progettazione di basso livello, al fine di validare le scelte di progetto e ripensare l'architettura del sistema prima dell'implementazione e dell'effettiva messa in esercizio, al fine di ridurre i costi di manutenzione e mitigare i rischi. Per questo motivo, la presente sotto-attività si propone di definire un insieme di modelli simulativi atti a modellare da un lato l'architettura (le interconnessioni) e il funzionamento dei sotto-componenti del sistema, e dall'altro a simulare l'occorrenza di fallimenti nelle sotto-componenti, a partire da una dettagliata analisi dei possibili modi di fallimento del sistema. Saranno altresì definite un insieme di metriche di riferimento atte a caratterizzare le prestazioni e l'affidabilità del sistema e utilizzate per comparare diverse scelte di progetto. Tra i vari formalismi di modellazione disponibili, sarà investigato l'utilizzo delle Stochastic Activity Networks, quale strumento ampiamente impiegato in letteratura e in ambito industriale per l'analisi della *performability* di sistemi complessi, grazie alla loro versatilità e alla capacità di essere integrate con altri formalismi e librerie di software esterne, utilizzate

per modellare caratteristiche di dettaglio del sistema in analisi. Infine, sarà investigata l'integrazione di tali strategie decisionali basate su modelli simulativi all'interno del ciclo di sviluppo dei sistemi embedded, al fine di rendere l'adozione dei modelli in fase di progettazione una pratica consolidata per guidare le scelte di progetto dei sistemi embedded.

- **Modelli per radar da immagini per la simulazione delle condizioni ambientali:** l'attività mira allo sviluppo di modelli analitici atti alla simulazione di sistemi embedded complessi utilizzabili in vari ambiti, come quello automotive e di TWI imaging. In particolare, l'attività riguarderà lo sviluppo di modelli che di simulatori per radar da immagini operanti ad alta frequenza (Ghz) in grado di fornire strumenti ausiliari alla guida per la prevenzione di incidenti e l'aiuto alla navigazione, con particolare riferimento a situazioni contraddistinte da ridotta visibilità ambientale (forte pioggia, foschia, nebbia). Nell'ambito delle applicazioni per la sicurezza basate sull'uso di radar TWI, è rilevante lo studio del funzionamento del sensore (antenna) e lo sviluppo di modelli ed algoritmi per l'elaborazione dei dati di misura. L'attività proposta si pone come obiettivi da un lato la simulazione e l'analisi di antenne poste in scenari anche complessi e dall'altro lo sviluppo di algoritmi innovativi per l'imaging di zone non fisicamente accessibili per ricavare alcuni parametri di interesse, quali la presenza e/o la localizzazione di persone o oggetti e la rivelazione di segni vitali. I modelli sviluppati e le simulazioni condotte avranno lo scopo di individuare le condizioni ambientali limite per tali sistemi e per appurare le prestazioni ottenibili in diversi scenari di utilizzo.
- **Algoritmi per la comunicazione multi-antenna/multi-portante/multi-utente nei sistemi embedded:** i sistemi di comunicazione di prossima generazione opereranno in scenari multi-antenna e/o multi-portante e/o multi-utente e richiedono la definizione di strategie di trasmissione e ricezione che gestiscano in maniera

	<p>efficiente le risorse disponibili. La combinazione di tecniche avanzate di elaborazione dei segnali (codifica spazio-tempo, comunicazioni cooperative, decodifica iterativa, inferenza statistica, precodifica lineare, rivelazione multiutente, stima di canale) promette enormi vantaggi prestazionali in termini di energia spesa, efficienza spettrale, etc. Gli obiettivi sono la definizione, l'analisi ed il confronto di diverse soluzioni anche in funzione dello scenario applicativo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Virtualizzazione di GPU per sistemi embedded: l'attività mira allo sviluppo di una tecnologia software per la virtualizzazione di General Purpose Graphic Processing Unit al fine di consentire a uno o più dispositivi embedded la fruizione della potenza di calcolo offerta dallo stream computing. L'uso delle GPGPU a fini computazionali rappresenta una tecnologia emergente con molteplici applicazioni anche nel campo della sicurezza delle infrastrutture di rete. L'attività produrrà componenti inquadrabili nella tipologia degli split-driver che consentono a dispositivi embedded provvisti di device GPGPU di utilizzare device esterni in maniera trasparente, sicure, efficace ed efficiente. La valutazione dell'efficacia della soluzione trovata verrà effettuata attraverso il confronto delle performance ottenute in ambiente virtualizzato con quelle raggiunte nel caso di assenza di virtualizzazione. Si prevede come applicazione il rilevamento di intrusioni su reti di comunicazione implementati con algoritmi paralleli basati su CUDA ed OpenCL. 	
<p>Attività 1.3: Testing, verifica e validazione di sistemi embedded complessi</p>	<p>I sistemi embedded complessi sono sistemi costituiti dall'integrazione di una ampia varietà di sotto-sistemi, spesso di natura eterogenea, che cooperano per la realizzazione di determinate funzionalità. A tali sistemi sono in genere richiesti una serie di requisiti non funzionali, tra i quali quelli di sicurezza ed affidabilità, tempi di risposta, nonché di aderenza a standard di qualità specifici per i vari ambiti applicativi.</p>	<p>€ 340.110,20</p>

I processi di Verifica e Validazione (V&V) rivestono un ruolo fondamentale nel garantire il raggiungimento di tali requisiti di qualità, attraverso l'impiego di tecniche di verifica, sia software sia hardware, finalizzate alla scoperta di difetti e malfunzionamenti nel sistema sotto esame. Riuscire a trasferire al settore dei sistemi embedded i principi, le tecniche, i modelli e gli strumenti ormai consolidati per la verifica e la validazione di sistemi tradizionali è attualmente una sfida di rilevante interesse per la comunità tecnico-scientifica.

Obiettivo dell'attività che si intende proporre è di definire strategie, metodi, modelli e strumenti a supporto delle diverse attività di testing necessarie per la V&V di sistemi embedded complessi.

Per raggiungere tale obiettivo saranno svolte le seguenti sotto-attività:

- **Tecniche per l'automatizzazione e la tracciabilità dei test funzionali in ambito embedded:** così come accade per sistemi software eterogenei e distribuiti, quali le applicazioni Web, i sistemi basati su middleware, o le applicazioni ottenute per integrazione di componenti software pre-esistenti (v. CBSE), anche il testing di sistemi embedded complessi, che presentano analoghe caratteristiche di eterogeneità e di distribuzione, dovrà essere affrontato in maniera incrementale. Di conseguenza, dovranno essere adottati processi articolati su più livelli di test che vanno dal testing dei singoli sotto-sistemi embedded, al testing dell'integrazione degli stessi, fino ad arrivare al testing dell'intero sistema svolto sia in ambiente controllato che reale. A tal fine, l'obiettivo della sotto-attività è da un lato la definizione e la convalida di modelli per la specifica delle caratteristiche strutturali e di comportamento dei sistemi embedded complessi, nonché per la caratterizzazione delle grandezze ambientali in grado di influire su tale comportamento, e dall'altro la definizione di tecniche e

strumenti per la generazione automatica, semi-automatica o manuale dei casi di test, per la definizione del comportamento atteso e per la valutazione dei risultati ottenuti dal test. Saranno inoltre definite un insieme di tecniche per la gestione di relazioni di tracciabilità fra requisiti funzionali e non funzionali, componenti hardware e software responsabili della loro implementazione e dei relativi casi di test.

Tali attività saranno affiancate dalla definizione di tecniche di analisi automatica, per sistemi sia chiusi (Model Checking) che aperti a interazioni con l'ambiente (Module Checking), che possano essere applicate efficacemente allo sviluppo di sistemi embedded in ambito industriale e in grado di verificare, sulla base di modelli estratti dalle specifiche di tali sistemi, la presenza di errori o malfunzionamenti derivanti da difetti di progettazione e/o di integrazione di componenti eterogenei. Considerata la natura intrinsecamente ibrida hardware/software e real-time dei sistemi embedded, l'attività prevede l'integrazione sia di tecniche di analisi di modelli a tempo reale e di modelli ibridi discreto/continuo, in grado di modellare sia gli aspetti computazionali, di natura discreta, che gli aspetti legati alle caratteristiche fisiche, di natura continua, dei sistemi di interesse. Tali attività sono propedeutiche allo sviluppo di strumenti in grado di sintetizzare automaticamente controllori corretti, sia dal punto di vista funzionale che dei tempi di risposta, per sistemi embedded, utilizzando e adattando tecniche di sintesi basate su modelli a tempo reale e modelli ibridi.

Al fine di garantire l'applicabilità in ambito industriale delle tecniche oggetto di studio in questa attività, di cruciale importanza è sviluppare metodologie di integrazione dei risultati della ricerca con gli ambienti di progettazione e di sviluppo di sistemi embedded impiegati e/o sviluppati dai partner industriali coinvolti nel progetto.

- **Metodologie di Application Dependent Testing:** oggetto della sottoattività sarà lo studio di metodologie specifiche di tecnologie

FPGA per la rivelazione dei difetti, eventualmente utilizzabili sul campo in congiunzione con le capacità di riconfigurazione dinamica per ottenere tolleranza ai guasti (online testing). Le metodologie saranno alternative alle tradizionali tecniche di testing esaustivo, che possono incorrere in costi proibitivi in termini di tempo di esecuzione ed inoltre escludono i dispositivi FPGA in presenza di difetti, indipendentemente dall'applicazione per la quale essi saranno impiegati. Un approccio alternativo considera solo quelle risorse che sono effettivamente utilizzate (Application Dependent Testing - ADT) in modo da ridurre sforzo e tempo necessari al testing. Nonostante i suoi vantaggi, l'ADT ha al momento un supporto limitato sia in termini di metodologie sia di strumenti concreti per la loro applicazione. Obiettivo dell'attività sarà, pertanto, la progettazione e realizzazione di un ambiente integrato che permetta l'applicazione di metodologie di ADT.

- **Robustness testing e fault-injection testing di software embedded:** considerati gli stringenti requisiti di affidabilità entro i quali i sistemi embedded sono chiamati ad operare, le tradizionali tecniche di testing funzionale vanno affiancate ad opportune metodologie e tecniche per valutare i livelli di robustezza e affidabilità raggiunti dal sistema. I sistemi embedded complessi sono infatti composti da un elevato numero di componenti hardware/software, alcuni dei quali basati su librerie di software o sistemi operativi di terze parti, e spesso operanti in ambienti ostili. Malgrado l'utilizzo di tecniche di testing funzionale, risulta impossibile evitare completamente la presenza di difetti (bug residui) nel software rilasciato. Da un lato, la presenza di software di terze parti può causare malfunzionamenti dovuti all'uso improprio o al funzionamento in condizioni di stress, non essendo tali software testati durante il normale ciclo di sviluppo. Dall'altro, il funzionamento in ambienti ostili e la presenza di bug residui possono causare malfunzionamenti non previsti durante il test funzionale, i quali possono causare, a catena, il non

corretto funzionamento dell'intero sistema, compromettendone l'affidabilità. Per tali motivi, la presente sotto-attività intende investigare l'impiego di tecniche di robustness testing e fault-injection testing al software embedded, al fine di stabilirne ed eventualmente migliorarne i livelli di robustezza e affidabilità prima del suo rilascio in ambiente operativo. Le tecniche di robustness testing consentiranno di verificare la robustezza del sistema, incluse le componenti software di terze parti, a fronte di valori di input errati e/o applicando carichi di lavoro eccezionali alle sotto-componenti sotto test. Le tecniche di fault-injection permetteranno di valutare la capacità del sistema di reagire alla presenza di guasti hardware e software deliberatamente introdotti nel sistema, al fine di verificare se le tecniche di ridondanza e tolleranza ai guasti eventualmente adottate sono in grado di rispondere a malfunzionamenti che verosimilmente possono occorrere durante la fase di esercizio del sistema.

- **Tecniche di validazione basate sull'osservazione in tempo reale in fase di esercizio:** scopo della presente attività sarà la definizione di opportune tecniche per l'osservazione e il monitoraggio remoto dello stato del sistema durante la fase di esercizio. Infatti, malgrado l'utilizzo di metodologie di progetto e sviluppo model-driven, le analisi prestazionali con modelli simulativi, e il testing avanzato con tecniche di robustness testing e fault injection, non è completamente escluso che il sistema possa violare le specifiche di progetto in fase di esercizio. Questa eventualità può essere rilevata in tempo reale, durante il funzionamento del sistema, attraverso la definizione di tecniche per l'osservazione e il monitoraggio dello stato di funzionamento del sistema. Tali strumenti consentono, in altre parole, di realizzare una sorta di validazione continuativa del sistema in esercizio, al fine di valutare se e in che misura il sistema realizzato risponde alle prestazioni attese, e allo scopo di intervenire tempestivamente sul sistema qualora il suo corretto

funzionamento risulti compromesso.

- **Definizione e ottimizzazione di tecniche DoE:** nei sistemi embedded complessi la gran quantità di parametri e grandezze che possono influenzare le prestazioni richiede che la sperimentazione sia tale da identificare l'effetto di ogni grandezza di ingresso su ogni grandezza d'uscita. In aggiunta, è necessario identificare anche la variazione delle prestazioni dovuta all'effetto di grandezze ritenute d'influenza ma non controllabili direttamente dall'utente. La "qualità" di questa fase sperimentale, derivante dall'attenzione posta nel progettare le attività di caratterizzazione funzionale, è determinante ai fini dell'ottenimento di risultati che siano realmente significativi, che non mascherino cioè l'effetto di alcuni parametri, o che addirittura siano del tutto fuorvianti a causa della errata scelta della metodologia con cui si eseguono gli esperimenti. Il "Design of Experiments" (DoE) è una tecnica classica di approccio dei problemi di definizione delle attività sperimentali finalizzate alla caratterizzazione di un apparato o sistema che mira alla massimizzazione dell'informazione ottenuta dai dati di misura pur minimizzando lo sforzo sperimentale. Il DoE, per la corretta analisi dei dati, si affida agli strumenti della statistica industriale. Tra di essi, quelli di maggior impiego è certamente il 'test delle ipotesi', nelle sue diverse forme. Esso si inserisce nella metodologia di indagine dei dati nota come "statistica inferenziale": il comportamento di un apparato o sistema al variare dei segnali di ingresso viene ottenuto a partire da un insieme limitato di test sperimentali ottenuti in condizioni note dai quali si cerca di trarre informazioni sul funzionamento generale, pur con una probabilità di errore che però è fissata dallo sperimentatore. In questo campo rientrano, ad esempio, l'Analisi della Media (ANOM) e della Varianza (ANOVA). Tali tecniche di indagine possono essere applicate a dati ottenuti mediante esperimenti effettuati secondo piani sperimentali "fattoriali", siano essi completi o frazionati, e

	<p>ispirati al principio della progettazione secondo matrici ortogonali (Matrici di Hadamard).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Benchmarking della sicurezza di Sistemi Embedded Complessi: l'attività mira alla definizione di metodologie di testing, verifica validazione e benchmarking della sicurezza di sistemi embedded complessi. L'impiego di questi sistemi in ambiti di particolare criticità quali applicazioni militari, applicazioni di controllo industriale, applicazioni di monitoraggio di infrastrutture critiche, rende necessaria la definizione di metodologie standard per la valutazione della loro sicurezza. L'attività partirà dall'analisi delle strategie attualmente impiegate, identificandone i limiti e suggerendo le linee guida per l'implementazione di soluzioni alternative. • Caratterizzazione funzionale senza contatto di circuiti VLSI mediante termografia IR ad alta risoluzione: l'obiettivo è applicare a sistemi elettronici integrati VLSI, a bassa dissipazione di potenza, le tecniche di caratterizzazione Infra-Rosso per la valutazione funzionale delle prestazioni e dell'individuazione di eventuali anomalie o punti di fallimento localizzato. Grazie a tecniche di rilevazione Lock-in e a telecamere con sensori IR (FPA) a basso rumore è possibile risolvere su scale micrometriche addensamenti di correnti dovute a fallimenti localizzati o a malfunzionamenti legati ad anomale dissipazioni di potenza termica, con equivalente risoluzioni termica di qualche decina di micro Kelvin. 	
<p>Attività 1.4: System engineering in ambito embedded</p>	<p>Scopo di tale attività è di analizzare e definire metodologie e tecniche per il supporto all'integrazione di sistemi embedded complessi. A tale scopo saranno studiate le problematiche di interoperabilità e valutate alcune tecnologie specifiche per la comparazione e l'integrazione nei sistemi embedded di sistemi innovativi per l'acquisizione dati e sottosistemi per applicazioni specifiche, come i reader RFID e i sistemi drive-by-wire.</p>	<p>€ 261.732,70</p>

Per raggiungere tale obiettivo saranno svolte le seguenti sotto-attività :

- **Problematiche di interoperabilità:** il termine interoperabilità è utilizzato in ambito tecnologico per indicare un elevato grado di sinergia di sistemi diversi col fine di integrare le informazioni e permettere una reciproca comunicazione e cooperazione. Il problema dell'interoperabilità nei sistemi di sistemi embedded è divenuto oggi un argomento di primo piano per l'elevato contenuto tecnologico di tali sistemi. Tale sotto-attività intende investigare le principali problematiche di interoperabilità derivanti dall'interconnessione di sistemi embedded eterogenei, al fine di definire un insieme di linee guida da seguire per lo sviluppo di architetture e protocolli tesi a favorire l'integrazione di tali sistemi.
- **Tecnologie innovative per l'acquisizione dati:** i sistemi embedded richiedono la continua osservazione dell'ambiente circostante al fine di elaborare le decisioni per le quali sono progettati. L'osservazione avviene tramite l'utilizzo di tecnologie sensoristiche che possono essere distinte in tradizionali (estensimetri, ultrasuoni, termistori, ecc.) e innovative (MEMS, fibre ottiche, ecc.). Queste ultime, proprio in virtù del contenuto di innovazione tecnologica, richiedono delle attività di ricerca utili all'adattamento alle applicazioni specifiche affrontate dal progetto. In particolare, tra le varie tecnologie di interesse, si analizzeranno le reti di sensori senza filo, costituite da piccoli apparecchi a bassa potenza, multifunzionali e capaci di comunicare tra loro tramite tecnologia wireless a raggio limitato. Questi piccoli sensori, disposti in prossimità oppure all'interno del fenomeno da osservare, sono formati da componenti in grado di rilevare grandezze fisiche di interesse, di elaborare dati e di comunicare tra loro. Particolare interesse, in questo ambito, sarà posta nella scelta della tecnologia trasmissiva e, a valle della progettazione della rete, alla caratterizzazione prestazionale, sia in termini di accuratezza dei dati forniti, sia in termini di capacità di

trasmissione dati. Tali analisi si considerano come propedeutiche alla fase di integrazione delle reti di sensori nel sistema embedded complessivo. Un particolare risalto sarà dato allo sviluppo di tecnologie sensoristiche per applicazioni robotiche, che per loro natura richiedono il soddisfacimento di specifiche particolarmente stringenti, in termini di limitato ingombro, consumo e semplicità di integrazione in architetture di controllo in tempo reale. Le tecnologie optoelettroniche appaiono naturali candidati in virtù della loro versatilità ad effettuare trasduzione di grandezze fisiche di varia natura ed inoltre, grazie al basso consumo che di solito caratterizza questo tipo di dispositivi, si dimostrano particolarmente adatti all'integrazione in robot antropomorfi come mani robotiche articolate. In tale ambito, sarà anche valutata la possibilità di sviluppo di host in grado di pilotare e comunicare con sistemi di memoria basati su memorie non volatili, all'analisi su FPGA/CPGA delle nuove interfacce dei sistemi di memoria UFS (Unified Flash Storage) fino alla verifica del livello fisico o del livello di protocollo, allo sviluppo di prototipi virtuali di sistemi di memoria, utilizzati per l'acquisizione dati.

- **Strategie per l'analisi comparativa di soft-core:** i moderni System-on-Programmable-Chip (SoPC) prevedono almeno un microprocessore, tipicamente un processore "software", e cioè un processore che può essere sintetizzato e implementato su dispositivi di logica programmabile. Sia in ambito accademico che commerciale esistono diversi soft-core e, a causa della loro configurabilità, un loro confronto risulta non banale. L'attività sarà pertanto incentrata sullo sviluppo di una strategia e un insieme di strumenti per l'analisi comparativa di soft-core. La strategia proposta dovrà contenere una serie di metriche, così come strumenti per la loro valutazione. Il toolkit includerà un insieme di applicazioni rappresentative al fine di validare le metriche proposte e quantificarle in modo deterministico.

	<ul style="list-style-type: none"> • Problematiche di integrazione con sottosistemi per applicazioni specifiche: l'obiettivo è studiare e definire le innovazioni di prodotto derivanti dalla possibilità di integrare sottosistemi per applicazioni specifiche. In particolare, sarà valutata la possibilità di inserire un reader RFID nel device consentendo a questo un'interazione intelligente con il mondo circostante tramite l'identificazione ed il riconoscimento di oggetti dotati di tag/label in maniera sicura, veloce ed automatica. In particolare, si studieranno metodologie e tecniche per l'utilizzo della tecnologia di identificazione a radiofrequenza in differenti domini applicativi, analizzando e definendo le peculiari specifiche funzionali ed operative, al fine di realizzare differenziazioni di prodotto e vantaggi competitivi per le aziende. Sarà inoltre analizzata la possibilità di sviluppare ed integrare piattaforme hardware/software per il controllo di motori elettrici utili in una varietà di applicazioni in ambito industriale, come le tecnologie drive-by-wire in campo automotive, allo scopo di implementare strategie di controllo innovative con elevato grado di funzionalità e sicurezza. 	
<p>Attività 1.5: Problematiche legate a "sistemi di sistemi embedded" connessi in rete</p>	<p>Il progetto di sistemi embedded interconnessi in rete presenta sfide del tutto nuove rispetto agli approcci classici relativi ai sistemi embedded cosiddetti "monolitici". La comunicazione in rete, in particolare, dà luogo a comportamenti idiosincratici, non facilmente gestibili con metodi classici di sintesi. Un aspetto importante legato alla comunicazione è rappresentato, a vari livelli, dall'<i>incertezza</i>: (i) incertezza nel comportamento temporale, ad esempio in termini di parametri quali il <i>jitter</i>; (ii) incertezza nell'ordinamento dei messaggi, ad esempio a causa dell'instradamento dinamico dei dati; (iii) incertezza nei dati giunti a destinazione, ad esempio a causa di fallimenti intermittenti che comportino errori nel flusso di trasferimento. Tali problematiche si complicano quando si passa</p>	<p>€ 254.660,00</p>

all'analisi di sistemi in cui la comunicazione avvenga tramite reti wireless.

La presente attività ha come obiettivo lo studio, la progettazione e la realizzazione di un insieme di metodologie, soluzioni e strumenti tecnologici per affrontare queste problematiche. In particolare il lavoro sarà articolato nelle seguenti sottoattività:

- **Algoritmi innovativi per la gestione di sistemi embedded connessi in rete:** lo scopo della sottoattività è la definizione di nuovi algoritmi in grado di gestire la "dimensione computazionale" dei problemi imposti dai sistemi embedded di rete. Saranno in particolare presi in considerazione: (i) algoritmi FDI (Failure Detection and Isolation), capaci di elaborare moli di dati di grandi dimensioni; e (ii) algoritmi di "model-checking" che siano efficaci in presenza di un'enorme quantità di stati e di punti di decisione.
- **Trigger intelligente distribuito per sistemi di misura innovativi basati su sistemi embedded connessi in rete:** l'obiettivo precipuo di tale sottoattività può essere sintetizzato nella definizione di sistemi di misura innovativi, distribuiti su rete geografica e basati su sistemi embedded locali, capaci di essere consapevoli del contesto in cui sono chiamati ad operare. Si vuole, nello specifico, sperimentare un nuovo paradigma di sistema di misura distribuito nell'ambito del settore delle misure elettriche ed elettroniche, indicato come *Context-Aware Embedded-System based Distributed Measurement System*. Ogni nodo remoto del sistema di misura distribuito, sistema embedded con funzionalità di misura, deve essere cosciente in maniera asincrona ed in tempo reale, su una scala temporale compatibile con le prestazioni delle infrastrutture di rete coinvolte, delle funzionalità rese disponibili da tutti gli altri nodi e delle informazioni o eventi di misura generati da questi ultimi. È così possibile condizionare il processo di misura attivo su uno o più nodi grazie alle informazioni o eventi di misura contemporaneamente generati dagli altri nodi,

dando attuazione ad un concetto innovativo di trigger di misura, il trigger intelligente distribuito.

- **Ad Hoc/Mesh Networking per sistemi embedded:** una caratteristica comune a tutti i sistemi embedded, a prescindere dalle specificità della piattaforma hardware e/o dell'applicazione, è rappresentato dalla limitata disponibilità di risorse energetiche. Poiché il consumo energetico delle attività di comunicazione cresce più che linearmente rispetto al raggio di comunicazione del dispositivo, si rende necessario ricorrere, nella connessione in rete di sistemi embedded, al paradigma di comunicazione multi-hop. L'adozione di tale paradigma però, pur consentendo di aumentare virtualmente il raggio di comunicazione del dispositivo, richiederà lo studio e la definizione di innovativi algoritmi e protocolli, da validare mediante simulatori di rete e/o test-bed, al fine di consentire ai dispositivi di auto-organizzarsi efficientemente in una rete multi-hop, eventualmente secondo i paradigmi ad-hoc o mesh. Gli algoritmi di auto-organizzazione potranno essere parametrizzati in base a diverse misure, tra cui il grado di fault-tolerance, la densità de dispositivi rispetto all'area di deployment, il trade-off tra connettività e survaivability.
- **Il paradigma Cognitive Radio per i sistemi embedded:** l'inefficienza delle tecniche di allocazione dello spettro radio e le caratteristiche intrinseche di tempo-varianza e natura broadcast del mezzo di comunicazione wireless richiedono l'adozione di un nuovo paradigma di comunicazione, il Cognitive Radio, in grado di adattarsi alle variazioni dell'ambiente perseguendo due obiettivi primari: comunicazioni affidabili ovunque e sempre ed efficiente utilizzazione dello spettro radio attraverso la coesistenza e l'interoperabilità di sistemi wireless eterogenei. L'obiettivo è quindi, in riferimento a scenari tipici del presente progetto, analizzare lo stato dell'arte delle tecniche di Cognitive Radio al fine di individuarne le eventuali criticità, per poi studiare e definire

tecniche innovative capaci di ottenere un'elevata riconfigurabilità attraverso l'adattamento dinamico dei parametri e delle strategie trasmissive (frequenze, modulazione, codifica, accesso al canale e networking) in base alle condizioni ambientali rilevate.

- **Progettazione, sviluppo, realizzazione e caratterizzazione di antenne integrate per sistemi embedded:** le comunicazioni wireless tra sistemi embedded richiedono antenne con caratteristiche peculiari rispetto ai tradizionali sistemi wireless: le limitazioni in termini di potenza disponibile e di autonomia energetica, unite con vincoli spesso stringenti sulle dimensioni e sui fattori di forma, comportano la necessità di sviluppare metodologie di progettazione, realizzazione e caratterizzazione specifiche per questa classe di sistemi.
- **Definizione e sviluppo di protocolli affidabili per le comunicazioni tra sistemi embedded in rete:** le tecnologie usate per la comunicazione tra sistemi embedded sono caratterizzate tipicamente da un basso rapporto segnale/rumore (a causa dei limiti sulla potenza disponibile e sull'autonomia energetica) e da una probabilità non trascurabile di fallimento del singolo nodo di rete. Lo scopo di questa attività è la definizione di protocolli di comunicazione che tengano conto di queste limitazioni tecnologiche nel garantire adeguati livelli di affidabilità e di robustezza nella comunicazione. Particolare attenzione verrà dedicata alla progettazione di algoritmi di routing che tengano conto delle proprietà spaziali dell'area in cui gli elementi del sistema sono dislocati. Saranno inoltre considerati protocolli per la gestione di sistemi embedded in dispositivi mobili.
- **Tecnologie per la sicurezza dei sistemi embedded in rete:** in diverse applicazioni dei sistemi embedded è necessario ricorrere a tecnologie crittografiche per garantire la riservatezza e/o l'autenticità delle informazioni scambiate attraverso la rete. In taluni casi può risultare, inoltre, necessaria l'esecuzione di protocolli

	<p>distribuiti specifici per verificare la consistenza e l'integrità delle informazioni all'interno di una data area geografica. Le limitazioni in termini di capacità di elaborazione e di memoria dei sistemi embedded comportano la necessità di sviluppare soluzioni specifiche per questo problema, che tengano conto dell'esigenza di semplicità di configurazione (idealmente, di auto-configurazione) della rete. Questa sottoattività si propone di individuare, integrare e completare le tecnologie disponibili più appropriate per questo scopo.</p>	
<p>Attività 1.6: Metodologie e tecniche legate a requisiti specifici del dominio applicativo</p>	<p>Nell'applicazione dei sistemi embedded occorre tenere conto, oltre che dei vincoli di progetto generali legati alle tecnologie in questione, anche di specificità proprie del dominio applicativo. Tali specificità possono comportare la necessità di includere nelle fasi di progettazione e di realizzazione metodologie, strumenti e tecnologie aggiuntive per gestire i requisiti e i vincoli aggiuntivi dell'applicazione.</p> <p>Lo scopo di questa attività è quello di definire gli scenari applicativi di interesse, di concerto con i partner industriali, al fine di rifinire e validare le metodologie e tecniche definite nell'ambito del progetto con riferimento a dei casi industriali reali, che attraggano l'interesse delle realtà produttive presenti sul territorio regionale, e di sviluppare metodologie e strumenti di supporto per questi scenari applicativi. In particolare saranno svolte le seguenti sottoattività:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definizione dei requisiti specifici e degli scenari di riferimento dei partner industriali: tale sottoattività prevede una fase di analisi dell'utilizzazione (attuale e prevista) dei sistemi embedded da parte dei partner industriali del progetto, una suddivisione in classi omogenee delle applicazioni individuate, e per ciascuna classe la definizione dei requisiti specifici di tale classe, con particolare considerazione agli standard industriali applicabili, ove disponibili, e agli scenari da utilizzare come riferimento per la valutazione, la 	<p>€ 398.435,90</p>

validazione e il testing.

- **Studio di metodologie e tecniche per la progettazione di sistemi embedded per la protezione di Infrastrutture Critiche:** l'attività mira ad adattare cicli di progettazione, sviluppo e tecnologie per i sistemi embedded che saranno impiegati per la protezione delle Infrastrutture Critiche e cioè di quelle infrastrutture il cui mancato funzionamento, anche se parziale, indebolirebbe in maniera significativa l'efficienza e la sicurezza di un Paese. In particolare saranno considerati requisiti introdotti a seguito dei fatti dell'11 settembre ed in particolare dell'emanazione, da parte della Commissione Europea, della comunicazione inerente la protezione delle Infrastrutture Critiche Informatizzate (Protecting Europe from large scale cyber-attacks and disruptions: enhancing preparedness, security and resilience) e della normativa nazionale specifica del settore. Saranno tenuti in considerazione i risultati di progetti europei e nazionali eseguiti o in corso di esecuzione nell'ambito specifico della protezione di infrastrutture critiche (ad esempio i progetti europei FP7 INPIRE, INTERSECTION ed il progetto PRINDOTS-LCCI), che hanno visto coinvolti ricercatori delle unità di ricerca che partecipano al presente progetto.
- **Sintesi di algoritmi e protocolli utili alla realizzazione di sistemi embedded per il monitoraggio del rischio sismico:** uno degli ambiti applicativi di maggiore interesse dei sistemi embedded riguarda il monitoraggio del rischio sismico, considerato uno dei maggiori fattori di rischio naturale nel contesto della Regione Campania. In tale ambito, la presente sotto-attività si propone di definire opportuni algoritmi e protocolli atti a permettere l'accesso e la distribuzione delle informazioni rilevanti per la gestione della crisi, e a distribuire proattivamente le informazioni relative alla natura e al livello di pericolosità del rischio (early warning). La fattibilità delle soluzioni algoritmiche individuate andrà opportunamente valutata con riferimento alle piattaforme

tecnologiche di interesse per il progetto.

- **Sistemi e reti di sistemi embedded per l'elaborazione e l'analisi di dati multimediali in applicazioni real time:** lo scopo di questa sottoattività è l'analisi delle problematiche specifiche dei sistemi embedded caratterizzati da una componente di acquisizione di audio, immagini o video, e la definizione di metodologie e tecniche per la progettazione delle componenti hardware e software di tali sistemi. In particolare, verranno analizzate le problematiche relative all'utilizzo di hardware basato su FPGA, ASIC e su altre piattaforme riconfigurabili. Sarà inoltre oggetto di studio la parallelizzazione dei più importanti algoritmi di elaborazione di audio, immagini e video al fine di ideare sistemi real time. Nell'ambito di questa sottoattività saranno infine definite architetture distribuite per la elaborazione e l'analisi di dati multimediali/multisensoriali, includendo tecniche per la supervisione e il controllo di queste architetture.
- Le problematiche descritte saranno affrontate sia in ambito generale che in riferimento a specifici domini applicativi quali la security, la sorveglianza, il monitoraggio del traffico e l'ambient intelligence.
- **Studio di metodologie di sviluppo di system-on-chip per applicazioni safety-critical:** la presente attività sarà rivolta allo studio di metodologie di sviluppo di componenti e sistemi hardware, in particolare sistemi embedded complessi di tipo system-on-chip, per applicazioni safety-critical. Primo obiettivo di tale attività è la definizione di tecniche per l'analisi sistematica di sistemi hardware, partendo ad esempio dalla loro descrizione in HDL, per la derivazione di metriche utili a caratterizzare il loro comportamento in termini di safety. Lo studio si focalizzerà sulla particolarizzazione di tecniche di Fault Mode and Effect Analysis (FMEA) allo specifico dominio di componenti e sistemi digitali, in particolare orientati alle tecnologie di tipo riconfigurabile (Field-Programmable Gate Array, FPGA), in modo da facilitare la derivazione semi-automatica di parametri quali la Safe Failure

Fraction (SFF) e il β ASIC. Un secondo obiettivo sarà poi relativo alla definizione di metodologie di progetto per componenti e sistemi digitali, in particolare di tipo system-on-chip, orientate ai requisiti di safety, che permettano di controllare e determinare il grado di conformità a requisiti dati il prima possibile nello sviluppo del flusso di progetto.

- **Circuiti a supporto della crittografia per sistemi embedded:** diversi algoritmi crittografici richiedono la generazione di numeri casuali, che non siano ottenuti a partire da un algoritmo deterministico con un dato seme iniziale, ma che invece siano prodotti sfruttando sorgenti fisiche di entropia, come il rumore termico, il jitter di un oscillatore ecc. L'obiettivo dell'attività è lo studio di true-random number generators; in particolare verranno considerate strutture completamente digitali realizzabili sia su piattaforma ASIC che FPGA, caratterizzate da elevato throughput. Verranno inoltre investigate le tecniche di post processing necessarie per migliorare l'entropia delle sequenze prodotte.
- **Periferiche per il controllo di circuiti di potenza in sistemi embedded:** le tecniche più diffuse per il pilotaggio dei circuiti di potenza sono basate sull'utilizzo di segnali PWM. L'integrazione di generatori PWM nei sistemi embedded è pertanto di notevole interesse applicativo. L'obiettivo dell'attività è lo studio di generatori PWM ad elevate prestazioni che siano in grado di generare segnali multifase, con elevata frequenza di commutazione. I circuiti considerati saranno all-digital in modo da essere facilmente utilizzabili in diverse tecnologie, e saranno caratterizzati da una elevatissima risoluzione temporale, in modo poter pilotare efficacemente anche dispositivi di potenza di nuova generazione (GaN).
- **Tecniche di localizzazione outdoor (GPS) nei sistemi embedded:** i ricevitori GPS, presenti negli attuali sistemi embedded, acquisiscono i satelliti in parallelo ed indipendentemente gli uni dagli altri.

Questo approccio determina una scarsa sensibilità del ricevitore ed un tempo di acquisizione molto lungo, specialmente in presenza di segnali molto deboli, di segnali interferenti e/o se l'utente si è spostato molto dall'ultima acquisizione. Obiettivo dell'attività di ricerca è studiare metodologie e tecniche per la realizzazione di ricevitori GPS di nuova concezione, che effettuano l'acquisizione ed il tracking sfruttando sia la mutua correlazione tra le acquisizioni dei differenti satelliti, sia le informazioni sulla precedente posizione dell'utente, per migliorare sensibilità e tempo di startup con una complessità computazionale sostenibile.

- **Sistemi elettronici per la mecatronica:** questa sottoattività ha come scopo lo sviluppo di sistemi hardware embedded, basati su ASIC/FPGA e su microcontrollori/DSP, e la progettazione di dispositivi elettronici di potenza ad essi collegati, finalizzati alla gestione e al controllo real-time di apparati mecatronici.
- **Specializzazione delle metodologie e tecniche definite ai sistemi embedded in ambito ferroviario:** lo scopo di questa sottoattività è l'applicazione dei metodi e degli strumenti sviluppati nel progetto ai sistemi in ambito ferroviario, con particolare riferimento alle problematiche di segnalamento e sicurezza, della comunicazione a bordo treno e della gestione della flotta (fleet management).
- **Specializzazione delle metodologie e tecniche definite ai sistemi embedded in ambito automobilistico:** lo scopo di questa sottoattività è l'applicazione dei metodi e degli strumenti sviluppati nel progetto ai sistemi in ambito automotive, in relazione al ciclo completo di vita dei sistemi embedded in ambito veicolistico.

Specializzazione delle metodologie e tecniche definite ai sistemi embedded in ambito avionico: lo scopo di questa sottoattività è l'applicazione dei metodi e degli strumenti sviluppati nel progetto ai sistemi in ambito avionico, con particolare riferimento ai sottosistemi per la gestione del traffico aereo.

Linea di azione II		€ 881.085,84
--------------------	--	--------------

**Attività 2.1:Attivazione
e Coordinamento dei
Dottorati Regionali
sulla tematica dei
sistemi embedded**

L'attivazione di dottorati di ricerca sulle tematiche dei Sistemi embedded ha lo scopo di formare ricercatori che possano operare ai più alti livelli nelle attività industriali di R&S, per ideare, condurre e sviluppare progetti di ricerca e di trasferimento tecnologico in settori di alta tecnologia, in un contesto di competizione internazionale. I dottorandi daranno un concreto impulso allo sviluppo dei modelli, metodologie e delle tecnologie investigate nella linea I. Lo sviluppo e l'ingegnerizzazione di sistemi embedded innovativi richiede necessariamente competenze multidisciplinari, e la formazione di figure professionali altamente specializzate in questo settore non può prescindere da interventi formativi trasversali rispetto a diversi settori disciplinari. La caratterizzazione multidisciplinare dei dottorati, nelle aree di ingegneria informatica, ingegneria elettronica, ingegneria delle telecomunicazioni e scienze dell'informazione, contribuirà a formare figure professionali di diversa estrazione culturale e disciplinare in grado di interagire e cooperare nelle ricerche e nelle attività di innovazione del settore industriale campano, che sempre più manifestano l'esigenza di forte interdisciplinarietà. La realizzazione di un apposito team per il coordinamento dei dottorandi sulle diverse aree e sui quattro maggiori atenei campani contribuirà a realizzare condizioni efficaci di cross-fertilizzazione per lo sviluppo scientifico dei singoli settori disciplinari e di arricchimento culturale dei relativi operatori. Attraverso riunioni periodiche il team di coordinamento organizzerà interventi di formazione comune per conferire ai percorsi di formazioni dei giovani dottorandi forti caratteristiche interdisciplinari in maniera da agevolare e qualificare il loro inserimento professionale.

La presenza inoltre delle maggiori industrie nel settore dei Sistemi Embedded, che contribuiranno al progetto sia con borse su specifiche tematiche di ricerca industriale sia con l'attivazione di borse di dottorato, garantirà lungo il percorso formativo dei giovani dottori un bilanciamento tra esigenze di ricerca industriale ed esigenze di ricerca

€ 756.954,38

	<p>di base. Un siffatto bilanciamento sarà certamente foriero di figure professionali davvero in grado di portare innovazione nel settore industriale campano.</p> <p>Risultati attesi: la presenza di un team di coordinamento tra dottorati multidisciplinari e interuniversitari sui Sistemi Embedded, di cui quasi la metà finanziati da grandi imprese del gruppo Finmeccanica, promuoverà la vocazione scientifica di risorse altamente specializzate a cui il sistema regionale può fare riferimento per rispondere alla richiesta industriale di azioni altamente innovative per lo sviluppo locale.</p>	
<p>Attività 2.2: Training on the Job</p>	<p>Lo stage on the job ha l'importante obiettivo di rendere più efficaci i risultati dell'intervento formativo attraverso un'azione sul territorio e di riallocazione delle risorse nel ciclo di vita (e di azione) della rete di eccellenza. L'obiettivo è rafforzare le relazioni tra i produttori di conoscenze che costituiscono la Rete con quelli che sono i potenziali fruitori di sapere (imprese, centri di ricerca, organizzazioni) tramite l'accompagnamento dei ricercatori ad un proficuo stage on the job favorito da borse e contratti post doc, orientato all'Employment e in grado fungere da follow-up sulle azioni intraprese.</p> <p>Tale attività prevede le seguenti sotto-attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Assegnazione di borse di studio al fine di avviare lo stage on the job di ricercatori post-doc, per facilitare il loro inserimento nel tessuto produttivo campano. La selezione e assegnazione delle borse avviene tramite colloquio e valutazione scientifica. • Orientamento e inserimento delle eccellenze scientifiche: i) nel contesto imprenditoriale del territorio, assegnando a ciascuno di essi un tutor esterno e uno interno con il compito di massimizzare l'apporto del ricercatore all'interno del gruppo di lavoro per tutto il tempo di stage, e ii) nella rete di eccellenza, individuando la specifica linea di studio e attività di ricerca in 	<p>€ 55.212,00</p>

	<p>grado di valorizzare al massimo la risorsa e il sapere specialistico acquisito</p> <p>Risultati attesi: la selezione dei ricercatori per l'accesso alla fase di stage on the job massimizza il potenziale delle risorse umane che ruotano intorno alla rete e all'intervento formativo. Attraverso un'azione di accompagnamento e di coordinamento all'inserimento territoriale si sosterrà lo sviluppo del mercato, innescando al contempo un processo di mobilità nel settore della ricerca scientifica.</p>	
<p>Attività 2.3: Interventi formativi per trasferimento alle PMI</p>	<p>I sistemi embedded hanno raggiunto livelli di complessità tali da richiedere un altissimo livello di specializzazione al personale addetto e un impegno costante e spesso dispendioso per l'avanzamento tecnologico. In ambito industriale investimenti in innovazione nel settore embedded sono spesso operati dalla grande impresa mediante la realizzazione di appositi laboratori di ricerca dai notevoli costi, sia in termini di personale sia di infrastrutture ed attrezzature. In un contesto produttivo caratterizzato, invece, da un'ampia costellazione di PMI, queste si trovano spesso relegate ad operare come aziende "manifatturiere" di tecnologia. In questo contesto l'attività di innovazione e formazione specialistica operata dall'Università e dai Centri Ricerca può rappresentare un volano per l'innovazione tecnologica nelle PMI. A tal fine, la proficua cooperazione tra Accademia e piccola e media impresa deve passare per un'intensa e ben pianificata attività di formazione specialistica e trasferimento tecnologico.</p> <p>Tale attività sarà organizzata nelle seguenti sotto-attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Individuazione delle esigenze specifiche. Un'attenta attività di analisi sarà condotta di concerto con le PMI coinvolte, ma anche con le grandi aziende del partenariato, sempre attente alle tematiche dell'innovazione tecnologica. A valle dell'attività di analisi risulteranno identificati i temi, i tempi e le modalità di intervento. 	<p>€ 68.919,46</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • Progettazione didattica e programmazione degli interventi. Sulla base dei risultati ottenuti nella precedente sottoattività, le Università e i Centri Ricerca provvederanno alla elaborazione dei contenuti, alla organizzazione dei corsi ed alla preparazione delle attività di monitoraggio dei risultati. • Organizzazione fisica e coordinamento delle attività di formazione, includendo l'individuazione delle tipologie di target da selezionare tramite la comunicazione e il coinvolgimento delle aziende interessate. <p>La programmazione degli interventi formativi avrà come merito quello di contribuire a qualificare i risultati della ricerca in termini di maggiore consapevolezza sulle tematiche del dominio investigato e maggiore rispondenza delle esigenze del territorio obiettivo di intervento.</p>	
Linea di azione III		€ 264.248,46
Attività 3.1: Supporto alla disseminazione dei risultati	<p>L'organizzazione delle attività della rete di eccellenza trova nel design e sviluppo di una <i>Virtual Community (VC)</i> una condizione abilitante sia per la costituzione di un osservatorio regionale sulle tecnologie dei Sistemi Embedded sia per il supporto alle attività di disseminazione. Particolare cura sarà data alle connessioni tra la VC del progetto con le varie iniziative, presenti nella Regione Campania, già in atto sulle tematiche dei Sistemi Embedded (progetti Campus, eventuali Distretti Tecnologici e Laboratori Pubblici Privati).</p> <p>La VC è uno spazio in cui servizi di condivisione, collaborazione, catalogazione, saranno appositamente richiamabili al fine di sviluppare e sostenere tutte le interazioni fra le unità di ricerca finalizzate principalmente al coordinamento, alla circolazione di documentazione di lavoro e alla sua formalizzazione in deliverable.</p> <p>L'obiettivo dell'attività è la predisposizione di una VC di progetto che contiene l'articolazione del network di lavoro e canalizza sul territorio regionale le informative utili legate agli sviluppi e ritorni del progetto</p>	€ 84.744,00

	<p>per il contesto in cui si colloca. La VC potrà essere utilizzata sia per condividere i risultati della ricerca, sia per costituire gruppi di discussione e osservazione delle tecnologie, sia per presentare i profili degli esperti esistenti, ma anche di quelli nuovi risultanti dalle attività formative di linea II, anche con strumenti di social networking.</p> <p>Risultati attesi: realizzazione della VC a supporto della rete di eccellenza finalizzata alla visualizzazione delle relazioni e degli obiettivi di ogni soggetto e alla messa in condivisione di lavori e risultati delle linee di azione. L'architettura logico funzionale deve avere come scopo non ultimo quello di valorizzare l'operato di gruppi di interesse legati alle linee di ricerca della rete in modo da comunicare risultati scientifici nelle realtà organizzative e imprenditoriali locali, e supportare attività di informazione, comunicazione e condivisione sulle tecnologie dei Sistemi embedded, favorendo processi di brainstorming, problem solving e revisione tra pari così come il trasferimento dei risultati della ricerca.</p>	
<p>Attività 3.2: Osservatorio Regionale</p>	<p>La presente attività ha l'obiettivo di costituire, sotto forma di gruppo della Virtual Community, un Osservatorio Regionale sulle tecnologie dei Sistemi Embedded che, a partire dagli output della rete, sia in grado di fornire una attività di informazione e comunicazione sulle innovazioni derivanti dalla ricerca.</p> <p>Tale attività prevede la creazione di un gruppo di esperti (Osservatorio Regionale sull'ingegneria dei Sistemi Embedded) che ha l'obiettivo di monitorare ed analizzare specifiche, standard, tecnologie ed iniziative di rilievo nazionale ed internazionale sulle tematiche della rete di eccellenza. L'osservatorio mira a diventare un punto di riferimento sulle tematiche pertinenti al progetto.</p> <p>Risultati attesi: i) valorizzazione e diffusione delle innovazioni della rete nelle realtà organizzative e imprenditoriali locali anche tramite l'identificazione di linee guida relative all'applicazione dei modelli e</p>	<p>€ 86.116,07</p>

	<p>delle metodologie sviluppate, e ii) sostenibilità a medio-lungo termine della rete mediante la creazione di un nucleo di competenze sul territorio sulle tematiche di ricerca oggetto della rete.</p>	
<p>Attività 3.3: Organizzazione di eventi ed attività di sensibilizzazione.</p>	<p>L'attività mira a favorire un processo di sensibilizzazione e diffusione dei risultati scientifici attraverso l'organizzazione e la direzione di Workshop tematici settoriali, pubblicazioni di ampio respiro sui journal di settore e organizzazione di un Convegno Finale di Progetto (in compartecipazione con IEEE e ACM, associazioni scientifiche di rilievo nei settori investigati dalla rete di eccellenza).</p> <p>L'obiettivo della presente attività è favorire momenti di accompagnamento alla corretta messa in esercizio, sul territorio di interesse, delle competenze specialistiche formate e l'adozione di linee guida per l'applicazione di modelli e tecnologie sviluppate così come contribuire all'irrobustimento della attività di pubblicazione in un settore innovativo e d'avanguardia.</p> <p>Tale attività prevede le seguenti sotto-attività:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pianificazione delle Attività di Disseminazione. L'attività prevede pianificazione ed articolazione degli eventi periodici simmetrici alla linea I sia temporalmente sia tematicamente la cui struttura organizzativa vuole favorire flussi di conoscenza tra l'accademia ed il campo professionale territoriale. La rete mette a disposizione le conoscenze e competenze per organizzare workshop dal taglio operativo e orientati alla disseminazione di metodo e pratica. • Organizzazione del Convegno Finale di Progetto con pubblicazione degli atti e con un orientamento verso il processo di review su Journal di respiro IEEE e ACM. • Diffusione dei risultati. Si intende, in tale attività, favorire la visibilità e l'incameramento dei risultati della ricerca da parte delle comunità scientifiche di settore affine alle specifiche linee di intervento della ricerca. La partecipazione di organismi di 	<p>€ 93.388,39</p>

riferimento internazionale (IEEE/ACM per la Convegnistica e Springer per le pubblicazioni) è indicatore di qualità che amplifica l'eco sui risultati di progetto.

Risultati attesi: favorire momenti di accompagnamento alla corretta messa in esercizio, sul territorio di interesse, delle competenze specialistiche formate e l'adozione di linee guida per l'applicazione di modelli e tecnologie sviluppate; maggiore legittimazione dell'attività scientifica orientando gli investimenti nella ricerca e sostenendo potenziali ritorni in termini di opportunità di sviluppo sociale e produttivo. L'attività riesce a favorire un processo di sostenibilità a lungo termine della Rete di Eccellenza e del lavoro condotto attraverso il feedback che la comunità scientifica fornisce ai lavori pubblicati a livello internazionale.

43 Descrizione delle risorse progettate per Asse ed attività

Asse	Obiettivo Specifico	Obiettivo Operativo		Risorse progettate per singolo Asse (in coerenza con art. 6 dell'avviso)	Risorse progettate per attività nell'ambito di ciascun Asse (in coerenza con art. 6 dell'avviso)
Asse IV	1) creazione di reti tra università, centri di ricerca, mondo produttivo e istituzionale con particolare attenzione alla promozione della ricerca e dell'innovazione	12) sostenere lo sviluppo di reti tra università, centri di ricerca e imprese, 14) sostenere l'orientamento dei giovani verso la ricerca e la scienza	Attività 1.1: Metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded	€ 2.610.326,01	€ 426.464,04
			Attività 1.2: Modellazione e simulazione di sistemi embedded complessi		€ 264.305,54
			Attività 1.3: Testing, verifica e validazione di sistemi embedded complessi		€ 284.042,20
			Attività 1.4: System engineering in ambito embedded		€ 208.660,70
			Attività 1.5: Problematiche legate a "sistemi di sistemi embedded" connessi in rete		€ 189.186,70
			Attività 1.6: Metodologie e tecniche legate a requisiti specifici del dominio applicativo		€ 317.415,50
			Attività 2.1:Attivazione e Coordinamento dei Dottorati Regionali sulla tematica dei sistemi embedded		€ 756.954,38
			Attività 2.2: Training on the Job		€ 0,00
			Attività 2.3: Interventi formativi per trasferimento alle PMI		€ 20.260,56
			Attività 3.1: Supporto alla disseminazione dei risultati		€ 45.196,80
			Attività 3.2: Osservatorio Regionale		€ 45.196,80
			Attività 3.3: Organizzazione di eventi ed attività di sensibilizzazione.		€ 52.642,79

Asse V	m) promuovere la realizzazione e lo sviluppo di iniziative e di reti su base interregionale e transnazionale, con particolare attenzione allo scambio delle buone pratiche	<p>m1) sostenere la mobilità nazionale e transnazionale nei percorsi di studio e di ricerca;</p> <p>m2) valorizzare i percorsi formativi, anche in contesti esterni al territorio campano;</p> <p>m3) consolidare le reti nazionali e internazionali fra centri di ricerca e del trasferimento tecnologico anche per lo scambio di buone pratiche;</p> <p>m4) attuare iniziative per il ritorno in Campania dei talenti italiani all'estero;</p> <p>m5) rafforzare la filiera formativa integrata con soggetti esterni al territorio regionale;</p> <p>m6) migliorare la capacità di penetrazione delle imprese campane nei mercati internazionali e transnazionali attraverso la formazione di figure specialistiche</p>	Attività 1.1: Metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded	<p>€ 652.629,38</p>	€ 92.743,41
			Attività 1.2: Modellazione e simulazione di sistemi embedded complessi		€ 79.169,30
			Attività 1.3: Testing, verifica e validazione di sistemi embedded complessi		€ 56.068,00
			Attività 1.4: System engineering in ambito embedded		€ 53.072,00
			Attività 1.5: Problematiche legate a "sistemi di sistemi embedded" connessi in rete		€ 65.473,30
			Attività 1.6: Metodologie e tecniche legate a requisiti specifici del dominio applicativo		€ 81.020,40
			Attività 2.1:Attivazione e Coordinamento dei Dottorati Regionali sulla tematica dei sistemi embedded		€ 0,00
			Attività 2.2: Training on the Job		€ 55.212,00
			Attività 2.3: Interventi formativi per trasferimento alle PMI		€ 48.658,90
			Attività 3.1: Supporto alla disseminazione dei risultati		€ 39.547,20
			Attività 3.2: Osservatorio Regionale		€ 40.919,27
			Attività 3.3: Organizzazione di eventi ed attività di sensibilizzazione.		€ 40.745,60

Cronoprogramma complessivo per linee di azione e attività

Fasi previste per ciascuna attività di diffusione dei risultati	Data inizio	2011	2012	2013	2014
Linea di azione I					
Attività 1.1: Metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded					
Attività 1.2: Modellazione e simulazione di sistemi embedded complessi					
Attività 1.3: Testing, verifica e validazione di sistemi embedded complessi					
Attività 1.4: System engineering in ambito embedded					
Attività 1.5: Problematiche legate a "sistemi di sistemi embedded" connessi in rete					
Attività 1.6: Metodologie e tecniche legate a requisiti specifici del dominio applicativo					
Linea di azione II					
Attività 2.1: Attivazione e Coordinamento dei Dottorati Regionali sulla tematica dei sistemi embedded					
Attività 2.2: Training on the Job					
Attività 2.3: Interventi formativi per trasferimento alle PMI					
Linea di azione III					
Attività 3.1: Supporto alla disseminazione dei risultati					
Attività 3.2: Osservatorio Regionale					
Attività 3.3: Organizzazione di eventi ed attività di sensibilizzazione.					

47 Temporizzazione dei costi per linee di azione e attività

Costi per linea di azione e attività	Data inizio	0	1	2	Totale
Linea di azione I		€ 764.400,28	€ 721.867,45	€ 631.353,37	€ 2.117.621,09
Attività 1.1: Metodologie di progettazione e sviluppo di sistemi embedded		€ 187.418,95	€ 176.990,57	€ 154.797,94	€ 519.207,45
Attività 1.2: Modellazione e simulazione di sistemi embedded complessi		€ 123.984,53	€ 117.085,77	€ 102.404,53	€ 343.474,84
Attività 1.3: Testing, verifica e validazione di sistemi embedded complessi		€ 122.769,99	€ 115.938,82	€ 101.401,39	€ 340.110,20
Attività 1.4: System engineering in ambito embedded		€ 94.477,97	€ 89.221,02	€ 78.033,71	€ 261.732,70
Attività 1.5: Problematiche legate a "sistemi di sistemi embedded" connessi in rete		€ 91.924,93	€ 86.810,04	€ 75.925,03	€ 254.660,00
Attività 1.6: Metodologie e tecniche legate a requisiti specifici del dominio applicativo		€ 143.823,89	€ 135.821,23	€ 118.790,77	€ 398.435,90
Linea di azione II		€ 252.318,13	€ 321.275,80	€ 307.491,91	€ 881.085,84
Attività 2.1: Attivazione e Coordinamento dei Dottorati Regionali sulla tematica dei sistemi embedded		€ 252.318,13	€ 252.318,13	€ 252.318,13	€ 756.954,38
Attività 2.2: Training on the Job		€ 0,00	€ 27.606,00	€ 27.606,00	€ 55.212,00
Attività 2.3: Interventi formativi per trasferimento alle PMI		€ 0,00	€ 41.351,68	€ 27.567,78	€ 68.919,46
Linea di azione III	01/01/2013	€ 0,00	€ 105.699,38	€ 158.549,08	€ 264.248,46
Attività 3.1: Supporto alla disseminazione dei risultati	01/01/2013	€ 0,00	€ 42.279,75	€ 63.419,63	€ 84.744,00
Attività 3.2: Osservatorio Regionale	01/01/2013	€ 0,00	€ 21.139,88	€ 31.709,82	€ 86.116,07
Attività 3.3: Organizzazione di eventi ed attività di sensibilizzazione.	01/01/2013	€ 0,00	€ 42.279,75	€ 63.419,63	€ 93.388,39

Contributo suddiviso per singolo soggetto attuatore nell'ambito di ciascuna tipologia di attività'(art. 6 tab.3 dell'avviso pubblico):

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	FEDERICO II		
Tipo Partner	Università		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	1.104.372,68	Contributo %	Valore contributo
Ricerca di Base	1.104.372,68	100%	1.104.372,68
Ricerca Industriale	-	100%	-
Sviluppo Sperimentale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	100%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	100%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	100%	-
Totale	1.104.372,68		1.104.372,68

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	SUN		
Tipo Partner	Università		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	317.856,34	Contributo %	Valore contributo
Ricerca di Base	317.856,34	100%	317.856,34
Ricerca Industriale	-	100%	-
Sviluppo Sperimentale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	100%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	100%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	100%	-
Totale	317.856,34		317.856,34

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	SALERNO		
Tipo Partner	Università		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	431.885,17	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	421.399,17	100%	421.399,17
Ricerca Industriale	-	100%	-
Sviluppo Sperimentale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	100%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	100%	-
Formazione generale dei dipendenti	10.486,00	100%	10.486,00
Totale	431.885,17		431.885,17

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	SANNIO		
Tipo Partner	Università		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	277.130,00	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	277.130,00	100%	277.130,00
Ricerca Industriale	-	100%	-
Sviluppo Sperimentale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	100%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	100%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	100%	-
Totale	277.130,00		277.130,00

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	PARTHENOPE		
Tipo Partner	Università		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	217.564,17	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	207.078,17	100%	207.078,17
Ricerca Industriale	-	100%	-
Sviluppo Sperimentale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	100%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	100%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	100%	-
Formazione generale dei dipendenti	10.486,00	100%	10.486,00
Totale	217.564,17		217.564,17

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	CERICT		
Tipo Partner	OdR		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	91.974,01	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	70.348,69	100%	70.348,69
Ricerca Industriale	20.004,27	90%	18.003,84
Sviluppo Sperimentale	-	90%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	90%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	90%	-
Formazione specifica dei dipendenti	661,26	90%	595,13
Formazione generale dei dipendenti	959,79	90%	863,81
Totale	91.974,01		89.811,48

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	CRIAI		
Tipo Partner	OdR		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	51.360,00	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	51.360,00	90%	46.224,00
Sviluppo Sperimentale	-	90%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	90%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	90%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	90%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	90%	-
Totale	51.360,00		46.224,00

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	SESM		
Tipo Partner	Grandi Imprese		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	213.070,17	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	191.028,17	65%	124.168,31
Sviluppo Sperimentale	-	40%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	65%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	35%	-
Formazione specifica dei dipendenti	22.042,00	25%	5.510,50
Formazione generale dei dipendenti	-	60%	-
Totale	213.070,17		129.678,81

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	FIAT GA		
Tipo Partner	Grandi Imprese		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	34.240,00	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	34.240,00	65%	22.256,00
Sviluppo Sperimentale	-	40%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	65%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	35%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	25%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	60%	-
Totale	34.240,00		22.256,00

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	ANSALDO STS		
Tipo Partner	Grandi Imprese		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	295.773,68	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	284.752,68	65%	185.089,24
Sviluppo Sperimentale	-	40%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	65%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	35%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	25%	-
Formazione generale dei dipendenti	11.021,00	60%	6.612,60
Totale	295.773,68		191.701,84

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	CNIT		
Tipo Partner	OdR		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	34.240,00	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	17.120,00	100%	17.120,00
Ricerca Industriale	17.120,00	90%	15.408,00
Sviluppo Sperimentale	-	90%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	90%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	90%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	90%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	90%	-
Totale	34.240,00		32.528,00

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	FIAT PwTr		
Tipo Partner	Grandi Imprese		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	54.068,17	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	54.068,17	65%	35.144,31
Sviluppo Sperimentale	-	40%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	65%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	35%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	25%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	60%	-
Totale	54.068,17		35.144,31

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	FIAT ITEM		
Tipo Partner	Grandi Imprese		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	34.240,00	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	34.240,00	65%	22.256,00
Sviluppo Sperimentale	-	40%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	65%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	35%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	25%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	60%	-
Totale	34.240,00		22.256,00

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	OPTOSMART		
Tipo Partner	Piccole Imprese		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	38.520,00	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	38.520,00	80%	30.816,00
Sviluppo Sperimentale	-	60%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	75%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	50%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	45%	-
Formazione generale dei dipendenti	-	80%	-
Totale	38.520,00		30.816,00

Tabella: Attività progetti ricerca e sviluppo per Partner			
Nome Partner:	NEXTSOFT		
Tipo Partner	Medie Imprese		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	66.661,00	Contributo %	Valore contribuito
Ricerca di Base	-	100%	-
Ricerca Industriale	55.640,00	75%	41.730,00
Sviluppo Sperimentale	-	50%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	75%	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	35%	-
Formazione specifica dei dipendenti	-	35%	-
Formazione generale dei dipendenti	11.021,00	70%	7.714,70
Totale	66.661,00		49.444,70

Tabella Totali		
Quota attività progetti ricerca e sviluppo	3.262.955,39	Valore contribuito
Ricerca di Base	2.415.305,05	2.415.305,05
Ricerca Industriale	780.973,29	541.095,71
Sviluppo Sperimentale	-	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di ricerca industriale	-	-
Studi di fattibilità tecnica preliminare ed attività di sviluppo sperimentale	-	-
Formazione specifica dei dipendenti	22.703,26	6.105,63
Formazione generale dei dipendenti	43.973,79	36.163,11
Totale	3.262.955,39	2.998.669,50