



**CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO
PER LA NANOELETRONICA**

**RELAZIONE TRIENNALE
2011-2013**

**Giorgio Baccarani
Direttore, IUNET**



**CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO
PER LA NANOELETRONICA**

INDICE

1. Premessa	Pag. 3
2. Obiettivi e progetti di ricerca	Pag. 3
3. Situazione finanziaria	Pag. 4
4. Attività di formazione avanzata	Pag. 6
5. Prospettive future	Pag. 6
6. Considerazioni conclusive	Pag. 7



CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO
PER LA NANOELETTRONICA

RELAZIONE TRIENNALE
2011-2014

1. Premessa

Il Consorzio Nazionale Interuniversitario per la Nanoelettronica (IUNET), costituito a Bologna il 21 febbraio 2005 dai Rettori, o da loro Rappresentanti, dell'Alma Mater Studiorum – Università di Bologna, dell'Università degli Studi di Ferrara, dell'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, dell'Università degli Studi Padova, dell'Università di Pisa, dell'Università degli Studi di Roma "La Sapienza", dell'Università degli Studi di Udine, e del Politecnico di Milano, si propone le seguenti finalità: a) promuovere e coordinare ricerche nel campo dei dispositivi e delle tecnologie micro e nano-elettroniche; b) favorire il rafforzamento del patrimonio di conoscenze nazionali nel settore attraverso la valorizzazione delle sinergie derivanti dalla complementarietà delle competenze disponibili presso le Università consorziate; c) promuovere la collaborazione tra le Università consorziate, Enti di Ricerca e Industrie nazionali ed internazionali, attraverso la partecipazione a bandi competitivi per l'approvazione di progetti congiunti. Nell'anno 2010 il Consorzio si è allargato a seguito dell'adesione dell'Università della Calabria.

2. Obiettivi e progetti di ricerca

La ricerca scientifica e tecnologica rappresenta la più importante finalità del Consorzio, la cui principale sorgente di finanziamento è tradizionalmente rappresentata dalla Commissione Europea (EC) e, in misura minore, dal MIUR attraverso progetti FIRB nazionali e progetti ENIAC coordinati a livello europeo.

I temi tradizionalmente di maggiore interesse all'interno del Consorzio riguardano i dispositivi a semiconduttore per applicazioni logiche e di memoria, i dispositivi di potenza e a microonde basati su silicio o su semiconduttori composti, nuovi materiali bidimensionali, come il grafene, per applicazioni analogiche ad altissime frequenze, sensori e attuatori di varia natura, ivi compresi i sistemi Micro-Elettro-Meccanici (MEMS) nonché i sistemi fotovoltaici e di *energy harvesting*. Su queste tematiche IUNET ha partecipato a svariati progetti europei ed ha attinto i finanziamenti che ne hanno consentito la crescita sin dalla sua fondazione.

Nel triennio 2011-2013 sono stati portati a compimento il progetto FP7 STEEPER, avente per oggetto lo studio e la realizzazione di dispositivi a effetto Tunnel (TFET) banda-a-banda operanti a bassa tensione di alimentazione e, pertanto, a basso consumo di potenza; la rete di eccellenza NANOFUNCTION, avente per obiettivo quello di integrare la rete di Laboratori di ricerca europei, rafforzarne la qualità scientifica e tecnologica nel campo dei materiali, dispositivi e circuiti nanoelettronici e, infine, disseminarne i risultati in un'ampia comunità scientifica e industriale; l'azione coordinata GUARDIAN ANGELS, con l'obiettivo di predisporre una proposta per un Flagship Project da finanziarsi nell'ambito del programma H2020. Tale proposta, avente per obiettivo di lungo termine lo sviluppo di sistemi autonomi, ovvero capaci di estrarre dall'ambiente l'energia necessaria al loro funzionamento per applicazioni al monitoraggio ambientale e alla salute dell'uomo, è stato incluso in una short-list di quattro progetti, ma non è stato selezionato per il finanziamento. Nello stesso anno si è concluso il progetto ENIAC END, avente per obiettivo principale lo sviluppo di dispositivi di logica e di memoria, nonché di sensori e di attuatori operanti a basso consumo di potenza.

**CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO
PER LA NANOELETTRONICA**

Sono poi attualmente attivi il progetto FP7 GRADE, che persegue lo sviluppo di dispositivi basati su grafene sia del tipo a effetto di campo (GFET) che di tipo bipolare (GBT) per applicazioni ad altissima frequenza; il progetto ENIAC E2SG, che ha per oggetto problematiche di efficienza energetica e tecnologie di progetto di “smart grid”, ed ENIAC ERG, che persegue lo sfruttamento dell’energia solare per la produzione di energia verde e di estrazione di energia dall’ambiente.

Nell’anno 2013 sono stati avviati due nuovi progetti FP7: III-V-MOS e E2SWITCH. Il primo di questi, coordinato a livello europeo da IUNET per la prima volta nella persona del Prof. Luca Selmi, si propone lo sviluppo di nuovi strumenti TCAD per la simulazione di dispositivi basati su semiconduttori composti III-V con particolare riferimento ad InGaAs. Il secondo, coordinato da EPFL, rappresenta una continuazione di STEEPER, avendo sempre come obiettivo lo sviluppo di dispositivi Tunnel FET e di circuiti basati su tali dispositivi. Nell’ambito dei progetti ENIAC, sono stati avviati nello stesso anno tre nuovi progetti: Lab4MEMS, avente per oggetto lo sviluppo di una Linea Pilota Europea per tecnologie innovative su materiali piezoelettrici e magnetici, ivi comprese le relative tecnologie di packaging; Lab4MEMS II, orientato ai sistemi micro-opto-elettro-meccanici (MOEMS) con particolare riferimento a micro-interruttori ottici, schiere di micro-specchi, connessioni micro-ottiche, laser e microlenti; E2COGaN che si pone come obiettivo la dimostrazione di dispositivi in GaN su Si per convertitori di potenza ad alta efficienza energetica e operanti a tensioni di alimentazione molto elevate.

La vitalità di IUNET è ulteriormente confermata dalla sottomissione di tre nuovi progetti per il programma H2020, e di ulteriori due per il programma ECSEL. Il primo dei progetti H2020, denominato R2RAM “Radiation Resitive Random-Access Memory”, è già stato approvato sotto il profilo tecnico ed è attualmente in fase di negoziazione. Gli altri due, denominati S2E4 “Small Smart Sensing Systems for Electrical Energy” e NE2 “New Era for Nanoelectronics” sono tuttora in fase di valutazione. Per quanto concerne il programma ECSEL, IUNET è coinvolto in due grandi progetti di taglio industriale coordinati da ST-Microelectronics: APD4EU “Advanced Power Devices for Europe” e in R2POWER300 “Preparation of R2 Extension to 300 mm for BCD Smart Power and Power Discrete”. Si tratta in entrambi i casi di progetti rivolti alle applicazioni di potenza, che si differenziano per le diverse tecnologie coinvolte: nel primo caso si perseguono discreti di potenza in SiC, GaN e applicazioni speciali in Si, mentre nel secondo caso l’obiettivo è lo sviluppo di una tecnologia BCD a 90 nm su fette da 300 mm.

3. Situazione finanziaria

Malgrado le numerose attività ed iniziative sopra delineate, la situazione finanziaria nel triennio trascorso è risultata non del tutto soddisfacente sotto il profilo del flusso di cassa, anche se va rilevato che le entrate per attività istituzionali sono andate aumentando da € 241.822 nell’anno 2011 a € 924.801 nell’anno 2013, totalizzando complessivamente un finanziamento nel triennio pari a € 1.695.964, come mostrato nella Tabella I. Va peraltro segnalato che questo trend non corrisponde in modo esclusivo ad una crescita della capacità di autofinanziamento di IUNET, ma riflette in parte anche l’occorrenza di fattori casuali legati alla erogazione ritardata di finanziamenti da tempo dovuti, o alla tempistica dei bandi europei e alle date di inizio dei progetti FP7, all’atto dei quali la Commissione eroga immediatamente un anticipo che può raggiungere anche il 60% del finanziamento complessivo previsto per il progetto, riducendo praticamente a zero l’importo della seconda rata.

**CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO
PER LA NANOELETTRONICA**

FLUSSO DI CASSA NEL TRIENNIO 2011-2013	
Esercizio Finanziario 2011	€ 241.822,00
Esercizio Finanziario 2012	€ 529.341,00
Esercizio Finanziario 2013	€ 924.801,00
Totale Entrate nel periodo 2011-2013	€ 1.695.964,00

Tabella I – Entrate per attività istituzionali nel triennio 2011-2013

La principale motivazione per la limitatezza delle entrate, che corrispondono ad un flusso medio annuo di € 565.000, è il forte ritardo nella erogazione dei finanziamenti ministeriali relativi ai progetti europei della piattaforma ENIAC, che sono cofinanziati dal MIUR, e per i quali anche la quota a carico della CE è subordinata all'effettiva erogazione del finanziamento ministeriale. Basti sottolineare che, ad oggi, è pervenuta ad IUNET soltanto la quota EU del progetto MODERN, che ha avuto inizio nell'anno 2009 e che è terminato il 31/05/2012, mentre la quota MIUR è tuttora bloccata dalla perenzione. Il protrarsi di questa situazione su di una scala temporale di oltre cinque anni dall'inizio dei progetti ha generato uno stato di crescente sofferenza, a cui sarebbe urgente porre rimedio con una revisione e una radicale semplificazione delle procedure burocratiche seguite dal MIUR. Che una tale semplificazione sia possibile, è dimostrato dal fatto che i Partner degli altri Paesi Europei percepiscono i finanziamenti previsti entro pochi mesi dall'inizio dei progetti, evidenziando un'anomalia tutta italiana nella funzionalità della Pubblica Amministrazione. Resta il dubbio se tali ritardi siano voluti per ragioni finanziarie inconfessate, o se non dipendano in via prioritaria da una inettitudine amministrativa che sconfinava nella omissione di atti di ufficio. D'altro canto, le condizioni finanziarie del Paese non suggeriscono eccessivo ottimismo, anche se il D.L. n. 33 del 09/02/2012 ha accelerato il processo burocratico che precede la sottoscrizione del contratto da parte del MIUR.

A titolo di esercizio, è possibile confrontare la Tabella I con la Tabella II, nella quale sono riportate le competenze di IUNET negli anni 2011-2013. Per semplicità, tali competenze sono collocate temporalmente alla data di inizio dei progetti.

COMPETENZE IUNET NEL TRIENNIO 2011-2013	
Esercizio Finanziario 2011	€ 1.045.645,00
Esercizio Finanziario 2012	€ 1.220.282,00
Esercizio Finanziario 2013	€ 1.974.357,00
Totale Competenze nel periodo 2011-2013	€ 4.240.284,00

Tabella II – Competenze dovute ad IUNET nel triennio 2011-2013

Come si vede, la crescita negli anni non è più esponenziale come nella tabella precedente, ma le cifre in gioco sono decisamente superiori rispetto ai flussi di cassa. La somma totale delle competenze nel triennio ammonta infatti ad € 4.240.284, ovvero 2,5 volte superiore alla somma delle entrate. Ancorché le cifre non siano direttamente confrontabili, in quanto il flusso di cassa comprende anche alcuni saldi di vecchi progetti terminati da lungo tempo, la

differenza fra entrate e competenze è talmente macroscopica da evidenziare lo stato di grave anomalia in cui le unità di IUNET sono costrette ad operare. L'assenza di finanziamenti puntuali ha infatti determinato la rinuncia all'acquisizione di validi dottorandi e potenziali post-doc che molto avrebbero potuto contribuire ai risultati e al successo dei vari progetti.

4. Attività di formazione avanzata

IUNET ha promosso l'organizzazione della Scuola Estiva SINANO sin dall'anno 2006, e ne ha assunto anche la responsabilità scientifica e amministrativa dall'anno 2012. Questa Scuola si svolge abitualmente nell'ultima settimana di agosto nella località di Bertinoro, che è sede di un Centro Congressi di cui l'Università di Bologna è comproprietaria. L'edizione 2012 della Scuola, dal titolo: "Nanoelectronics at the Limits of Computation and Communication" fu sponsorizzata dalla rete di eccellenza NANOFUNCTION, venne organizzata congiuntamente da Marco Tartagni e Luca Selmi che ne definirono il programma scientifico, ed ebbe un rilevante successo di partecipazione. Gli speaker invitati si possono annoverare fra le più significative personalità internazionali nel settore scientifico considerato. Nell'anno 2014, la Scuola, sponsorizzata dal SINANO Institute, è stata organizzata da Felice Crupi e Claudio Fiegna, ed ha trattato il tema: "Reliability and Variability of Electronic Devices", con una particolare attenzione ai dispositivi di potenza e alle tecnologie Smart Power. In entrambe le edizioni la partecipazione nazionale ed internazionale è stata molto soddisfacente, assicurando fra l'altro una chiusura in attivo sotto il profilo finanziario.

5. Prospettive future

La buona qualità dei risultati raggiunti non consente tuttavia un facile ottimismo sul futuro. La rapida evoluzione di contesto delle tecnologie micro e nanoelettroniche ha infatti determinato una forte alterazione del panorama industriale su scala planetaria, conseguenza di un processo di concentrazione che ha ridotto a poche unità il numero di industrie che possono perseguire tecnologie di fabbricazione high-end. In questo quadro, si è affermato un differente modello di business, che tende a trasferire a poche *silicon foundries* i processi di fabbricazione, riservando alle Aziende tradizionali le sole attività di progettazione. Da un lato, questo processo ha determinato una riduzione di investimenti nei Paesi ad alto costo della mano d'opera e il trasferimento degli impianti produttivi nei Paesi dell'Estremo Oriente. Dall'altro, l'affermarsi del modello *fabless* ha significativamente ridotto le opportunità di interazione con l'Industria dei gruppi accademici orientati alle tecnologie avanzate.

I tre principali player europei si sono da tempo concentrati su tecnologie *smart power*, puntando su applicazioni *automotive* e prodotti di largo consumo, per i quali l'abbattimento dei costi impone l'uso di tecnologie mature, a basso costo, e dotate di alte rese di produzione. Questa evoluzione non preclude opportunità di ricerca su tecnologie innovative, ma comporta in prospettiva uno spostamento di interesse verso applicazioni cosiddette *More than Moore*, ovvero Sistemi Micro-Elettro-Meccanici (MEMS) e dispositivi di potenza, nonché nuovi materiali per applicazioni ai sensori, quali i materiali piezoelettrici e magnetici.

L'emergere del problema ambientale e delle mutazioni climatiche ha poi anche determinato uno spostamento di interesse dell'opinione pubblica e degli enti pubblici nazionali ed europei verso tematiche riguardanti le energie rinnovabili, i motori ibridi o anche soltanto elettrici, il trattamento dei rifiuti solidi e le cosiddette *smart cities*, per le quali giocano un ruolo cre-

**CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO
PER LA NANOELETTRONICA**

scente le applicazioni informatiche. Le nuove parole d'ordine sono oggi *Internet of energy* e *Internet of things*. La prima fa riferimento ad un uso intelligente della rete elettrica, organizzata sotto forma di *smart grids* a diversi livelli di granularità, mentre la seconda immagina un futuro in cui ogni oggetto della vita domestica sia dotato di sensori e di capacità di elaborazione e di comunicazione a distanza attraverso Internet. L'infrastruttura hardware idonea a supportare queste visioni del futuro si configura pertanto come un sistema ad elevata complessità, per il quale rimangono materia di investigazione accademica soltanto la struttura formale di alto livello e il microsistema periferico, che dovrà necessariamente essere a basso costo e a basso consumo di potenza.

Il programma ECSEL dell'Unione Europea, che raccoglie l'eredità dei programmi ENIAC in campo tecnologico e ARTEMIS in campo progettuale, appare sempre più orientato a favorire grossi progetti dominati dall'Industria e cofinanziati dai governi nazionali, ciò che rende imperativa l'attivazione di uno stretto raccordo con l'Industria e una ridefinizione degli obiettivi di ricerca da perseguire in questo quadro. Sotto questo profilo, l'assenza di un Istituto Nazionale per la Nanoelettronica sul modello di IMEC, CEA-LETI o Fraunhofer Institute, che sia in grado di compiere un'efficace azione di trasferimento tecnologico in settori vitali della tecnologia, trainando anche la ricerca accademica su problematiche di interesse nazionale e, d'altro lato, la mancanza di finanziamenti nazionali atti a favorire una ricerca accademica di lungo periodo, rende ancora più difficile lo svolgimento di una funzione educativa nei settori tecnologici trainanti nelle nostre Università.

IUNET ha da tempo intrapreso un percorso evolutivo di allargamento dei propri interessi di ricerca verso settori emergenti, riorientando alcune attività verso i dispositivi di potenza, e aprendosi alla collaborazione di colleghi attivi nel campo dei sensori, dell'*energy harvesting*, della progettazione analogica e dei sistemi. Questo processo dovrà essere accelerato negli anni a venire, per fronteggiare le sfide poste da un mondo che cambia rapidamente sotto la spinta della globalizzazione e della conseguente competizione su scala planetaria.

6. Considerazioni conclusive

Il Consorzio IUNET è stato sin dalla data di fondazione nell'anno 2005 un importante fattore di coesione fra i gruppi di ricerca italiani operanti nell'area delle tecnologie nanoelettroniche, promuovendo la cooperazione in luogo della competizione fra gruppi accademici cronicamente sottodimensionati per lo svolgimento di ruoli trainanti nei progetti europei. Ha generato credibilità e visibilità alla ricerca italiana nel settore, diventando la struttura di riferimento a livello Europeo nel campo della modellistica, simulazione e caratterizzazione dei dispositivi elettronici. IUNET ha inoltre grandemente facilitato l'accesso di gruppi di ricerca nazionali ai progetti europei, in virtù dell'ampiezza di competenze disponibili e della credibilità suscitata nell'Industria di riferimento e negli Istituti di ricerca più qualificati. Infine, ha reso possibile un'accettabile capacità di autofinanziamento delle unità coinvolte, nei limiti imposti dalla crisi economica e dal contesto nazionale.

L'assenza di una politica industriale che stabilisca le priorità e gli obiettivi nazionali nei settori fondanti della tecnologia, e la mancanza di riferimenti nelle scelte della ricerca accademica rappresentano un mix ad elevata pericolosità per il futuro di questo Paese. Persino quelli che sono considerati come i punti di forza del cosiddetto "made in Italy" quali: il design industriale, l'abbigliamento e l'alimentare, sono esposti ad una facile concorrenza da parte di Paesi che posseggano più avanzate tecnologie produttive, e che possano reclutare designer



**CONSORZIO NAZIONALE INTERUNIVERSITARIO
PER LA NANOELETRONICA**

creativi anche dall'Italia. È assai più facile competere con chi fabbrica scarpe e occhiali di buona fattura, che con chi produce i-Phone, Airbus, o automobili di qualità e successo come BMW, Mercedes e Porsche. In Italia spesso si sottovaluta l'importanza di mettere sul mercato prodotti di alta qualità, che non sono soltanto il risultato di un design ben fatto e di risorse adeguate, ma che sottendono un know-how tecnologico non disponibile senza un ecosistema di competenze tecnico-scientifiche che solo l'Università è in grado di produrre.