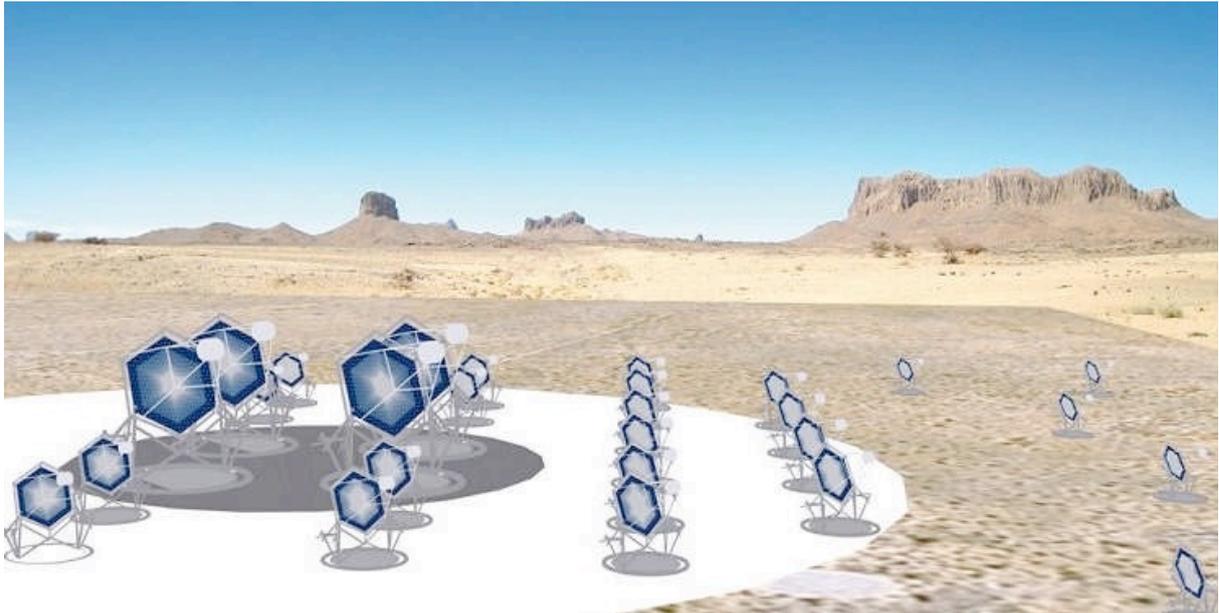


---

*OSSERVATORIO ASTROFISICO DI CATANIA*

# Caratterizzazione della Tile Hamamatsu S/N.1 8x8 pixel con SiPM da $6.975 \times 6.975 \text{mm}^2$ con microcella da $75 \mu\text{m}$



## Osservatorio Astrofisico di Catania

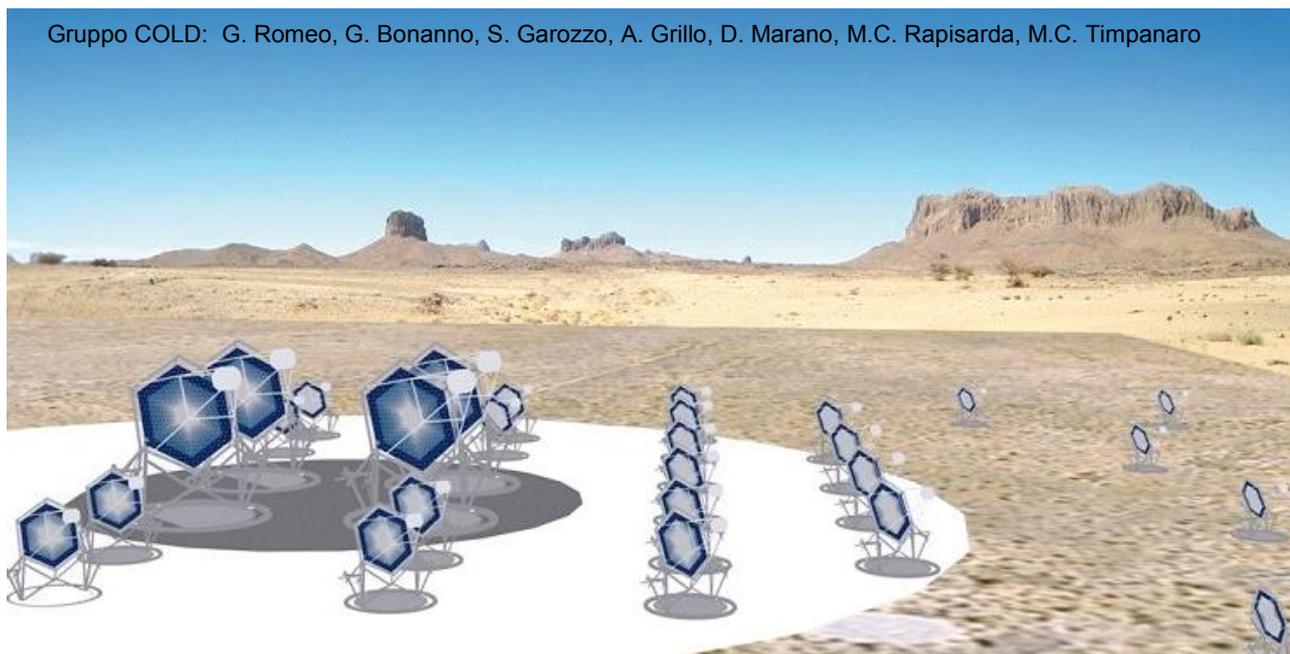
G. ROMEO<sup>(1)</sup>, G. BONANNO<sup>(1)</sup>, S. GAROZZO<sup>(1)</sup>, A. GRILLO<sup>(1)</sup>, D. MARANO<sup>(1)</sup>,  
M. C. RAPISARDA<sup>(1)</sup>, M. C. TIMPANARO<sup>(1)</sup>

(1) INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania

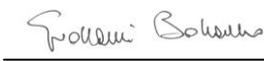
Rapporti interni e tecnici  
N.02/2016

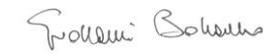
## Caratterizzazione della Tile Hamamatsu S/N.1 8x8 pixel di dimensioni 6.975x6.975 mm<sup>2</sup> con microcella da 75μm

Gruppo COLD: G. Romeo, G. Bonanno, S. Garozzo, A. Grillo, D. Marano, M.C. Rapisarda, M.C. Timpanaro



Prepared by: Name: **Giuseppe Romeo** Signature:  Date: 29/04/2016

Reviewed by: Name: **Giovanni Bonanno** Signature:  Date: 29/04/2016

Approved by: Name: **Giovanni Bonanno** Signature:  Date: 29/04/2016



## TABLE OF CONTENTS

<b>DISTRIBUTION LIST .....</b>	<b>3</b>
<b>LIST OF ACRONYMS .....</b>	<b>4</b>
<b>1. INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2. Caratterizzazione dei 64 SiPM della tile in termini di DCR vs threshold (stairs case) e cross-talk.....</b>	<b>6</b>
2.1.1 Stair-Cases dei 64 pixel sul singolo canale <u>con esclusione degli altri</u>	11
<b>3. CONTACTS.....</b>	<b>21</b>



## DISTRIBUTION LIST

ASTRI mailing list	<a href="mailto:astri@brera.inaf.it">astri@brera.inaf.it</a>
Bruno Sacco	<a href="mailto:bruno.sacco@iasf-palermo.inaf.it">bruno.sacco@iasf-palermo.inaf.it</a>
Giovanni Pareschi	<a href="mailto:giovanni.pareschi@brera.inaf.it">giovanni.pareschi@brera.inaf.it</a>
Stefano Vercellone	<a href="mailto:stefano@ifc.inaf.it">stefano@ifc.inaf.it</a>
Rodolfo Canestrari	<a href="mailto:rodolfo.canestrari@brera.inaf.it">rodolfo.canestrari@brera.inaf.it</a>
Osvaldo Catalano	<a href="mailto:osvaldo.catalano@iasf-palermo.inaf.it">osvaldo.catalano@iasf-palermo.inaf.it</a>
Enrico Cascone	<a href="mailto:cascone@na.astro.it">cascone@na.astro.it</a>
Giovanni La Rosa	<a href="mailto:larosa@ifc.inaf.it">larosa@ifc.inaf.it</a>
Giovanni Bonanno	<a href="mailto:gbo@oact.inaf.it">gbo@oact.inaf.it</a>
Giuseppe Romeo	<a href="mailto:giuseppe.romeo@oact.inaf.it">giuseppe.romeo@oact.inaf.it</a>
Domenico Impiombato	<a href="mailto:domenico.impiombato@ifc.inaf.it">domenico.impiombato@ifc.inaf.it</a>
Patrizia Caraveo	<a href="mailto:pat@lambrate.inaf.it">pat@lambrate.inaf.it</a>
Davide Marano	<a href="mailto:davide.marano@oact.inaf.it">davide.marano@oact.inaf.it</a>
Alessandro Grillo	<a href="mailto:agrillo@oact.inaf.it">agrillo@oact.inaf.it</a>
Luca Stringhetti	<a href="mailto:luca@iasf-milano.inaf.it">luca@iasf-milano.inaf.it</a>
Rachele Millul	<a href="mailto:rachele.millul@brera.inaf.it">rachele.millul@brera.inaf.it</a>
Mauro Fiorini	<a href="mailto:fiorini@lambrate.inaf.it">fiorini@lambrate.inaf.it</a>
Salvatore Garozzo	<a href="mailto:salvatore.garozzo@oact.inaf.it">salvatore.garozzo@oact.inaf.it</a>
Giuseppe Sottile	<a href="mailto:sottile@ifc.inaf.it">sottile@ifc.inaf.it</a>
Salvatore Giarrusso	<a href="mailto:jerry@ifc.inaf.it">jerry@ifc.inaf.it</a>
Maria Cristina Timpanaro	<a href="mailto:mariacristina.timpanaro@oact.inaf.it">mariacristina.timpanaro@oact.inaf.it</a>
ASTRI mailing list	<a href="mailto:astri@brera.inaf.it">astri@brera.inaf.it</a>



## LIST OF ACRONYMS

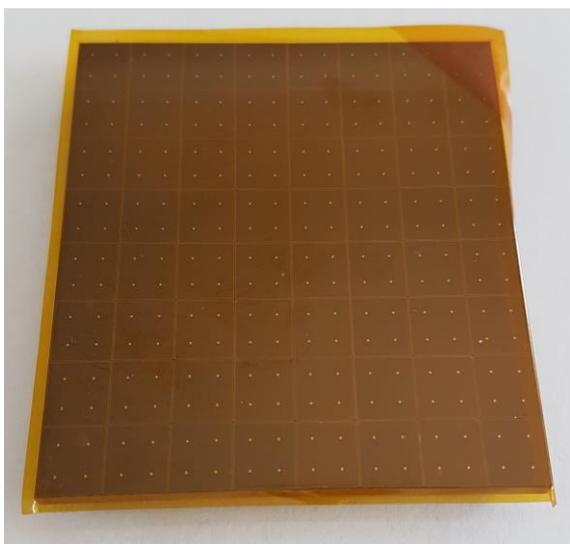
OACT	Osservatorio Astrofisico di Catania
IFC	Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Palermo
COLD	Catania astrophysical Observatory Laboratory for Detectors
PCB	Printed Circuit Board
SiPM	Silicon Photo-Multiplier
MPPC	Multi Pixel Photon Counter
SST-2M	Small-Size Telescope Dual-Mirror
PDM	Photon Detection Module
ASIC	Application Specific Integrated Circuit
FEE	Front-End Electronics
BEE	Back-End Electronics
FPGA	Field Programmable Gate Array
EASIROC	Extended Analogue Silicon-pm Integrated Read-Out Chip
CITIROC	Cherenkov Imaging Telescope Integrated Read-Out Chip
I/F	Interface
LCT	Low Cross Talk
PSAU	Power Supply and Amplification Unit

## 1. INTRODUZIONE

In questo documento vengono riportati i risultati dei test eseguiti sulla SiPM board con S/N 1, prodotta da Hamamatsu Photonics su disegno originale fornito dal nostro laboratorio COLD e proveniente dal progetto ASTRI. Questa scheda è equipaggiata con rivelatori di ultima generazione di tipo LCT5 di dimensioni 6.975mm x 6.975mm con pitch size da 75 $\mu$ m (Figura 1 e Figura 2). Nella Figura 2, il logo INAF indica proprio che il disegno è di proprietà INAF.

I test sono stati eseguiti allo scopo di valutare la corretta risposta di ogni singolo SiPM (pixel) quando viene polarizzato con tensione operativa nominale ( $V_{br} + 3V$ ) opportunamente compensata in temperatura. Le misure sono state eseguite alla temperatura di  $14^{\circ}C \pm 1^{\circ}C$  e, come detto, viene applicata la compensazione della tensione operativa in funzione della variazione della temperatura.

Le misure sono state eseguite presso il laboratorio COLD (Catania astrophysical Observatory Laboratory for Detectors).



*Figura 1. Front side*



*Figura 2. Back side*

## 2. Caratterizzazione dei 64 SiPM della tile in termini di DCR vs threshold (stairs case) e cross-talk.

La Figura 3 mostra i due prospetti della tile affiancati agli schemi di distribuzione dei pixel e dei sensori di temperatura.

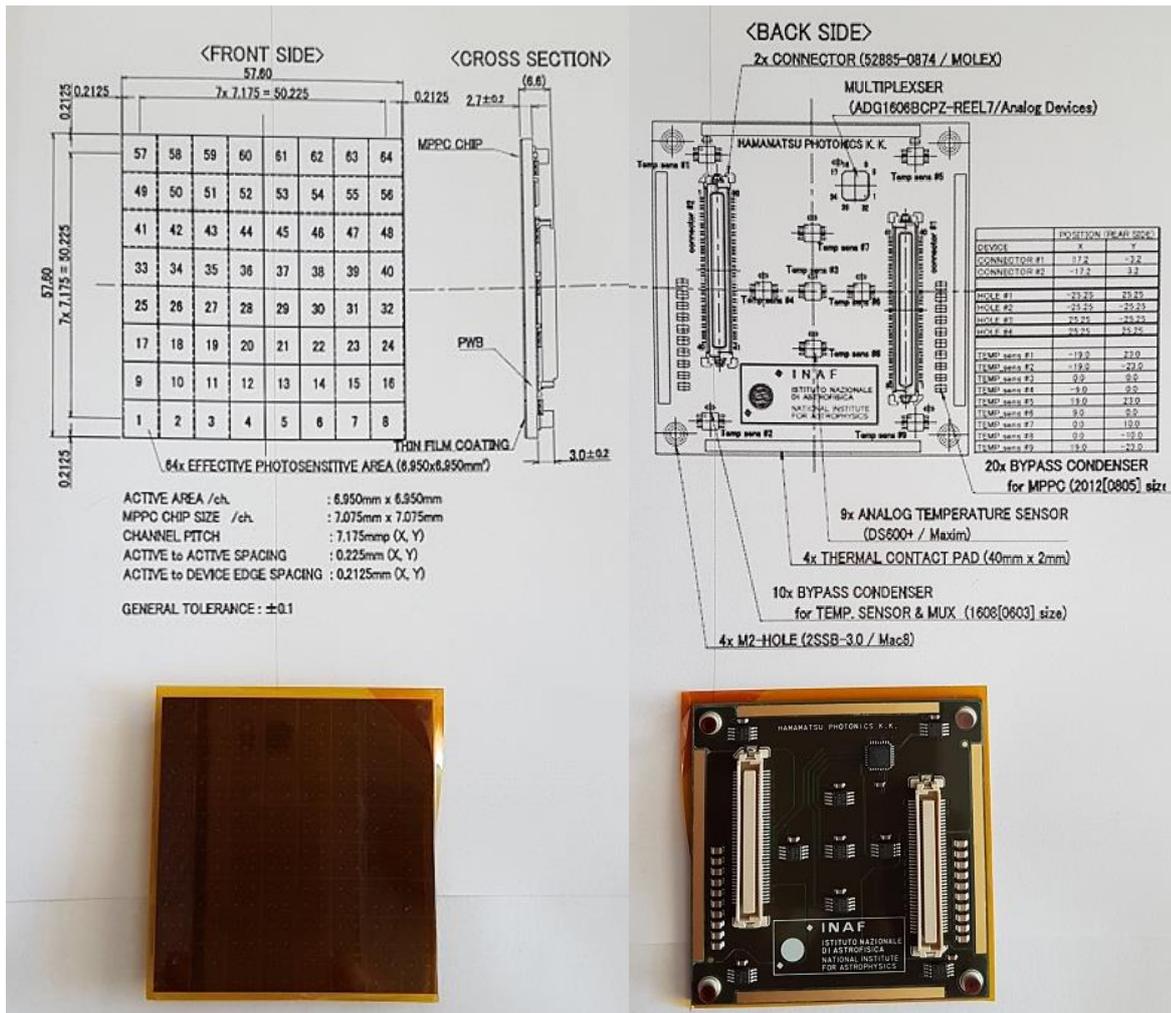


Figura 3. Top e bottom della tile.

Per le misure di dark stairs è stato utilizzato il front-end elettronico basato sulla evaluation board del CITIROC, come da Figura 4 ed è stato settato un guadagno della catena di amplificazione del chip ASIC pari a 100.

Le misure sono state effettuate ad una temperatura controllata di  $14^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , alimentando ogni SiPM ad una tensione di overvoltage di 3V opportunamente compensata in temperatura in modo da non avere variazioni di guadagno ( $G=4.0E6$ ).



Figura 4. Set-up che include l'evaluation board CITIROC press oil laboratorio COLD.

Le tensioni operative ( $V_{op}$ ) utilizzate, sono state fornite direttamente da Hamamatsu Photonics e sono mostrate nella tabella di Figura 5.

Ogni  $V_{op}$  è la somma della breakdown voltage, a  $25^{\circ}\text{C}$ , più un overvoltage di 3V. Dalla tabella di Figura 5 si possono vedere elencate, nella seconda colonna, le coordinate alfanumeriche che individuano i pixel della tile come da Figura 6. Tuttavia in analogia con la precedente numerazione, abbiamo ordinato (come si vede nella terza colonna in colore blu) i pixel attraverso i numeri progressivi (da 1 a 64) come da Figura 7.

Element No	Element No. (revised)	Vop[V]	dark[uA] @Vop	Element No.	Element No. (revised)	Vop[V]	dark[uA] @Vop
A8	1	55.05	1.61	A4	33	55.14	1.70
B8	2	54.91	1.78	B4	34	54.93	1.67
C8	3	54.98	1.71	C4	35	54.96	2.23
D8	4	54.93	1.81	D4	36	54.92	2.21
E8	5	54.80	2.32	E4	37	54.81	2.44
F8	6	54.77	2.34	F4	38	54.83	2.66
G8	7	54.86	1.81	G4	39	54.83	2.52
H8	8	54.77	1.96	H4	40	54.87	2.72
A7	9	54.90	2.56	A3	41	54.83	2.54
B7	10	54.94	2.49	B3	42	54.83	1.83
C7	11	54.95	2.52	C3	43	54.80	1.86
D7	12	54.91	2.44	D3	44	54.91	2.09
E7	13	54.84	1.81	E3	45	54.75	2.53
F7	14	54.82	2.05	F3	46	54.86	2.06
G7	15	54.80	1.89	G3	47	54.85	2.55
H7	16	54.81	1.84	H3	48	54.78	1.77
A6	17	54.98	2.04	A2	49	54.90	1.62
B6	18	54.93	2.54	B2	50	54.82	1.61
C6	19	54.89	1.69	C2	51	54.78	1.90
D6	20	54.92	1.75	D2	52	54.79	1.78
E6	21	54.77	1.80	E2	53	54.82	2.63
F6	22	54.81	2.47	F2	54	54.82	2.82
G6	23	54.80	1.79	G2	55	54.77	2.57
H6	24	54.82	1.89	H2	56	54.86	2.69
A5	25	54.96	2.61	A1	57	54.81	1.87
B5	26	54.92	2.58	B1	58	54.87	2.43
C5	27	54.91	1.79	C1	59	54.82	1.81
D5	28	54.95	2.45	D1	60	54.85	1.83
E5	29	54.84	1.83	E1	61	54.92	2.66
F5	30	54.77	1.86	F1	62	54.80	1.99
G5	31	54.84	1.81	G1	63	54.80	1.96
H5	32	54.87	1.83	H1	64	54.88	2.63

Figura 5. Tabella delle tensioni operative e della posizione di ogni singolo pixel della tile.

A-1	B-1	C-1	D-1	E-1	F-1	G-1	H-1
A-2	B-2	C-2	D-2	E-2	F-2	G-2	H-2
A-3	B-3	C-3	D-3	E-3	F-3	G-3	H-3
A-4	B-4	C-4	D-4	E-4	F-4	G-4	H-4
A-5	B-5	C-5	D-5	E-5	F-5	G-5	H-5
A-6	B-6	C-6	D-6	E-6	F-6	G-6	H-6
A-7	B-7	C-7	D-7	E-7	F-7	G-7	H-7
A-8	B-8	C-8	D-8	E-8	F-8	G-8	H-8

Figura 6. Mappa alfa-numerica dei pixel della tile.

57	58	59	60	61	62	63	64
49	50	51	52	53	54	55	56
41	42	43	44	45	46	47	48
33	34	35	36	37	38	39	40
25	26	27	28	29	30	31	32
17	18	19	20	21	22	23	24
9	10	11	12	13	14	15	16
1	2	3	4	5	6	7	8

Figura 7. Mappa numerica progressiva dei pixel della tile esattamente uguale alla versione delle tile precedenti.

Nel grafico di Figura 8 sono riportate la distribuzione delle tensioni operative (OV=3V per un G=4.0E6).

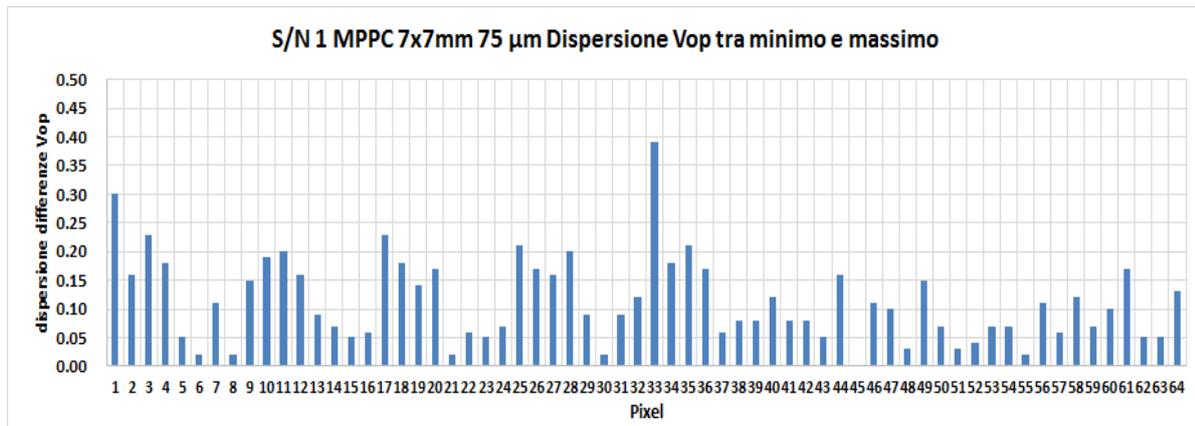


Figura 8. Dispersione delle differenze delle tensioni operative Vop per il 64 pixels

Come si può notare dalla tabella, il valore di tensione operativa minima è di 54.75V mentre quella massima è di 55.14V con una differenza di 0.39V (pixel 33) come confermato dall'istogramma di figura 8.

## 2.1.1 Stair-Cases dei 64 pixel sul singolo canale con esclusione degli altri

I test sulla tile sono stati eseguiti a gruppi di 32 poiché la scheda di valutazione CITIROC è equipaggiata con un solo chip ASIC (32 canali),

La configurazione usata relativa ai settaggi dello slow control nel caso del singolo canale con esclusione degli altri 31 canali è mostrata in Figura 9.

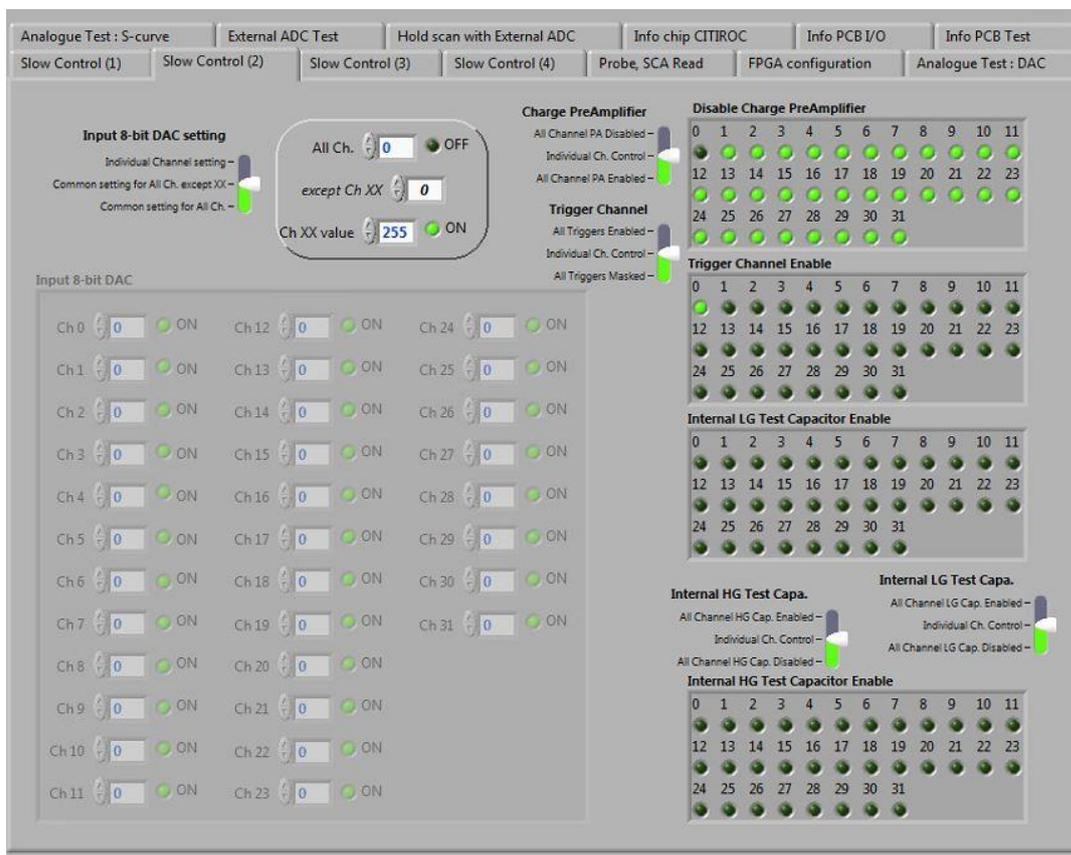


Figura 9. Settaggi dello slow control per il canale 0. Come si nota i “Preamplificatori” e i “Trigger” di tutti gli altri canali sono disabilitati.

Sono state eseguite le misure dei DAC al valore di 255 in modo da poter compensare la tensione di anodo ai capi di ciascun MPPC.

**Da evidenziare che tre dei 32 canali della nostra scheda di valutazione risultano non funzionanti e precisamente i canali 8, 12 e 17.**

Alla luce di ciò le stairs presentate riguardano  $29+29=58$  pixel.

Di seguito il risultato dei test delle misure di stair-cases ottenute applicando la tensione operativa  $V_{op}=V_{br}+3V$  per ciascun pixel e compensata per variazioni di temperatura applicando il coefficiente  $dV/dT=54mV/^\circ C$ . La temperatura di lavoro è stata controllata per avere un valore di  $14^\circ C \pm 1^\circ C$ .

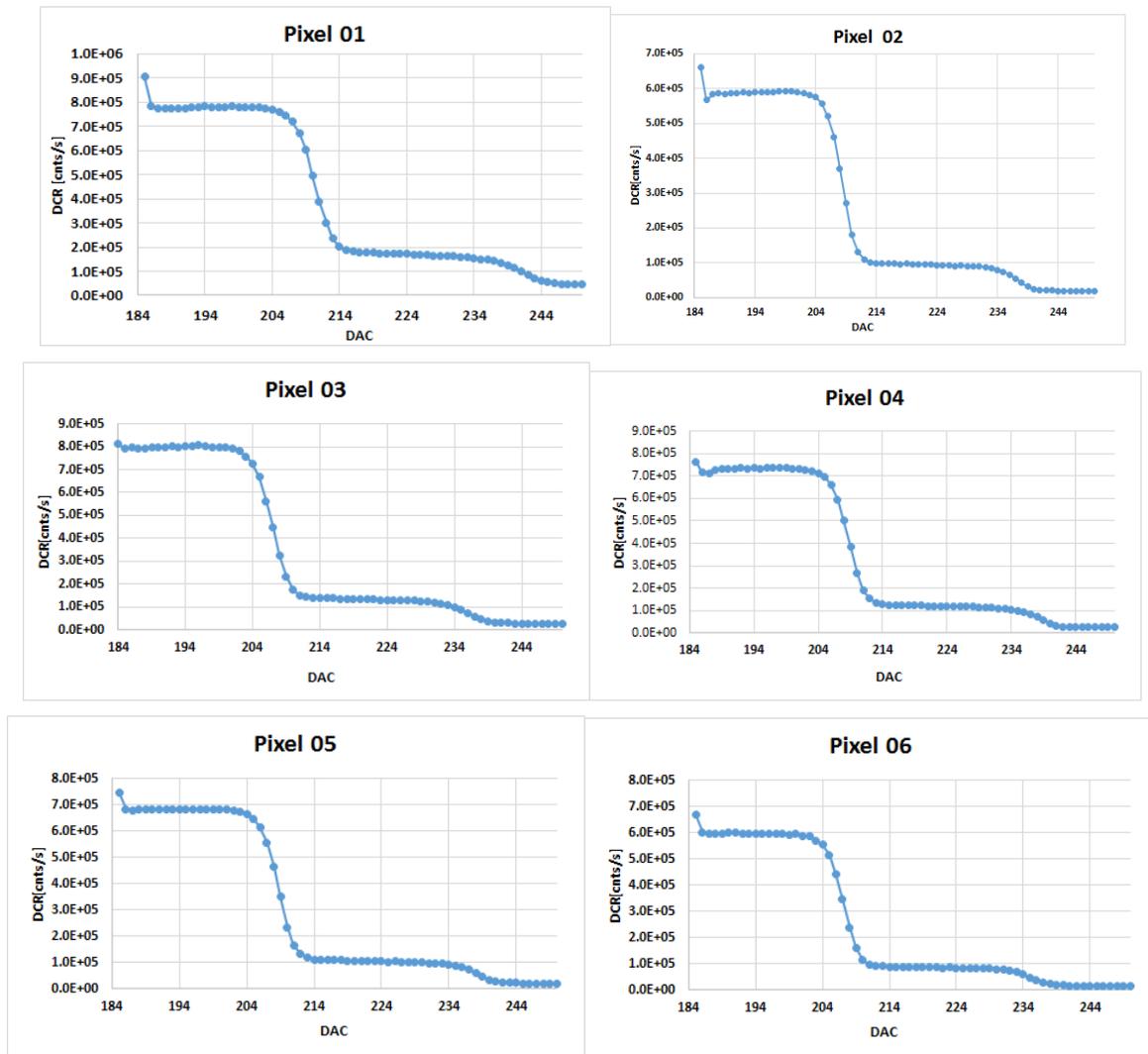


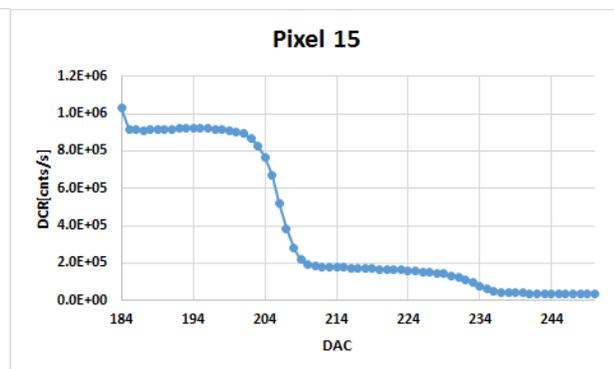
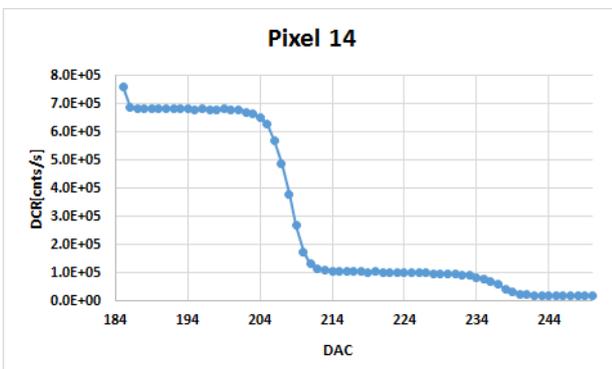
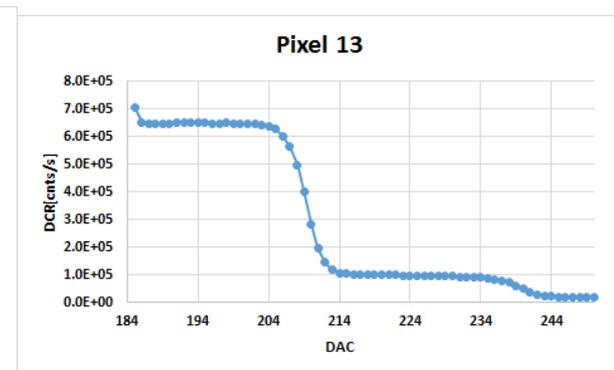
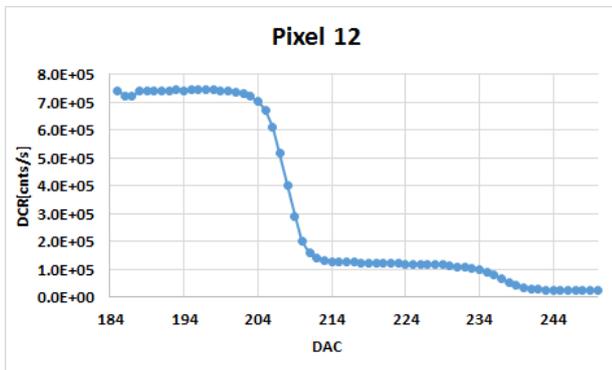
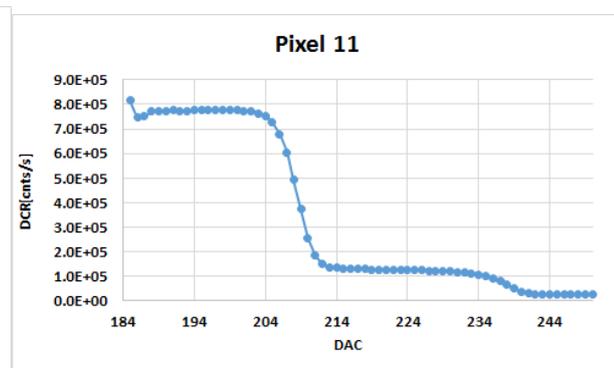
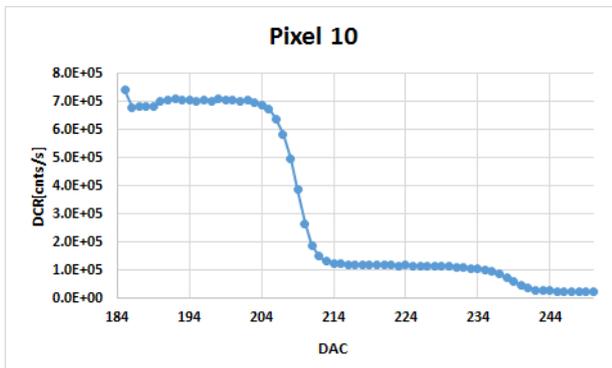
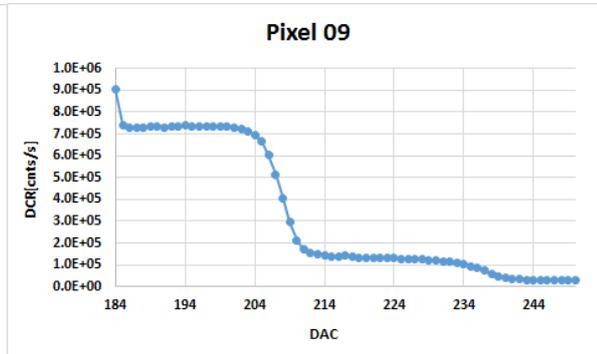
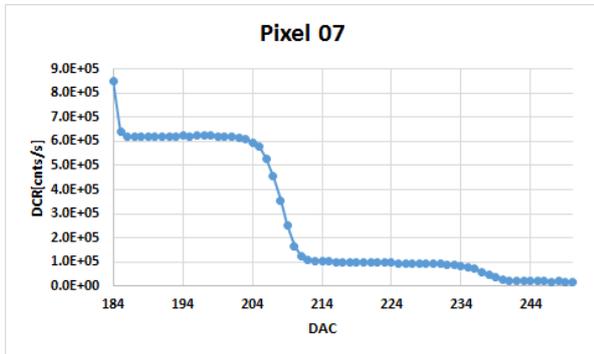
Per ogni plot è riportato il valore di cross-talk ottenuto come rapporto:

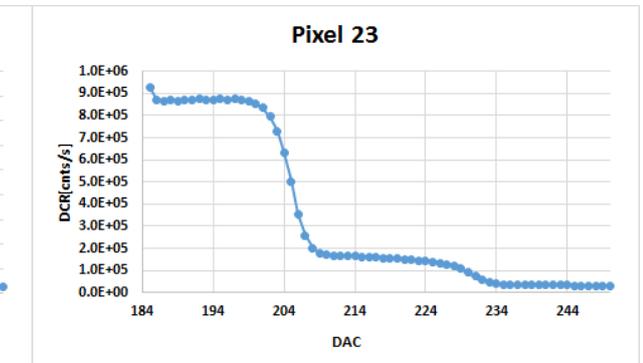
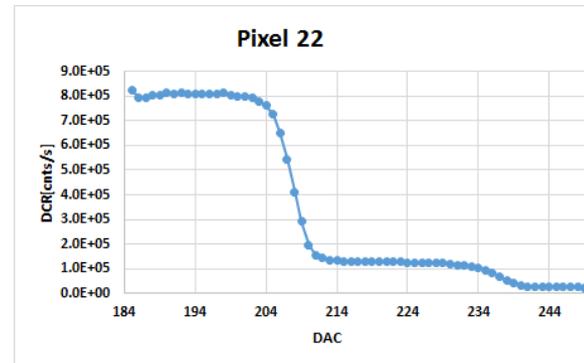
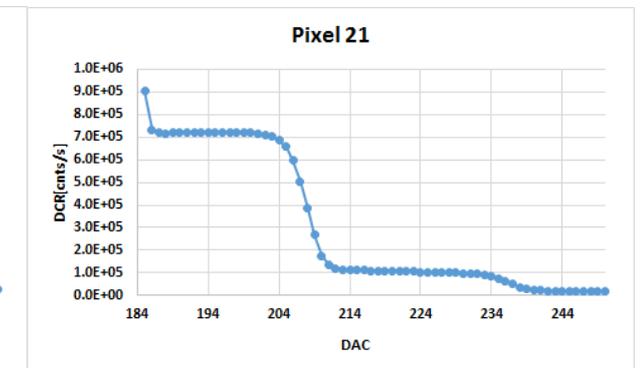
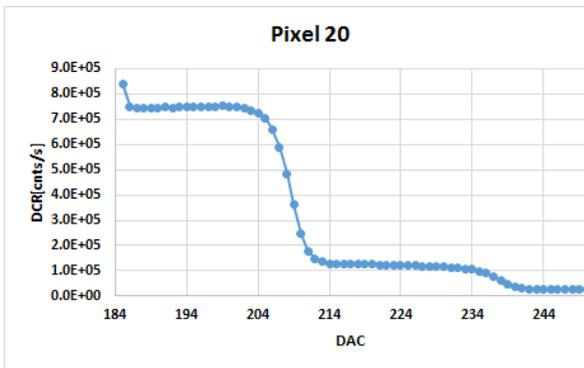
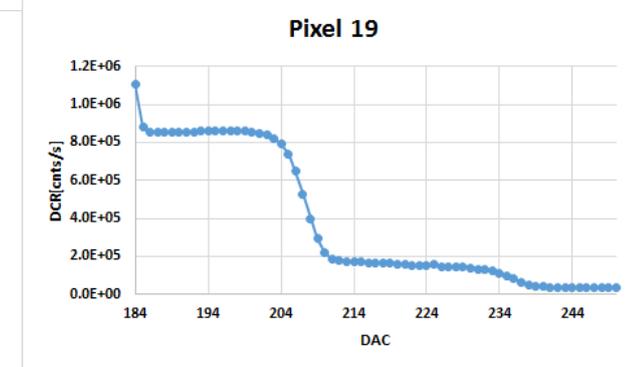
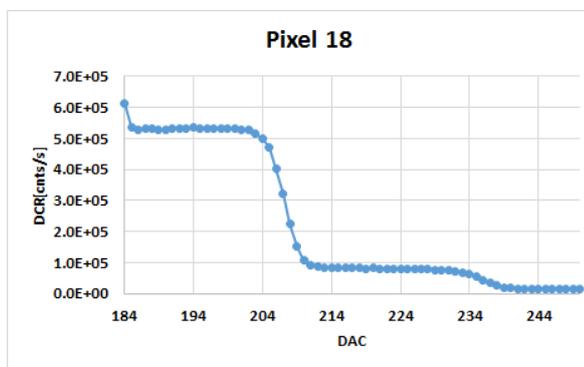
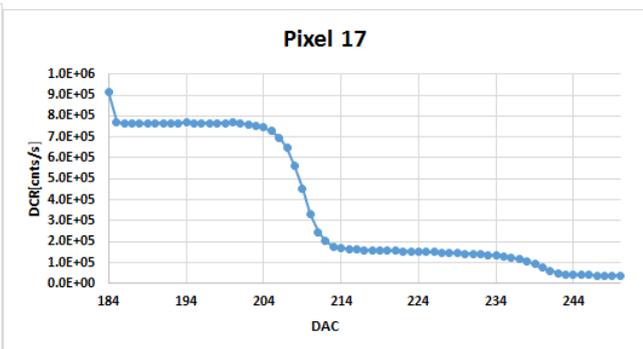
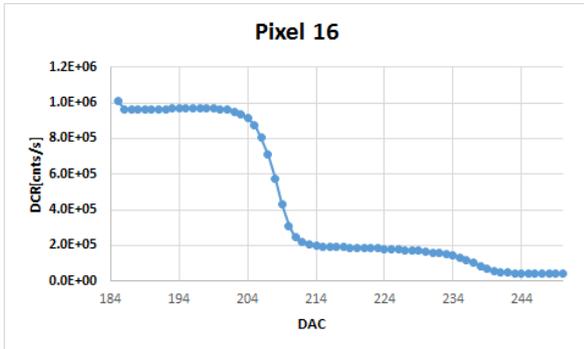
$$\text{DCR@ 1.5pe} / \text{DCR@ 0.5pe}$$

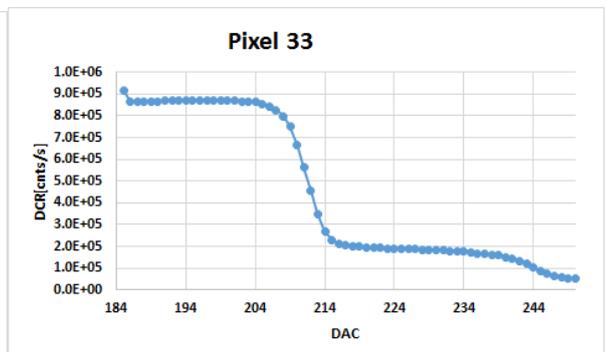
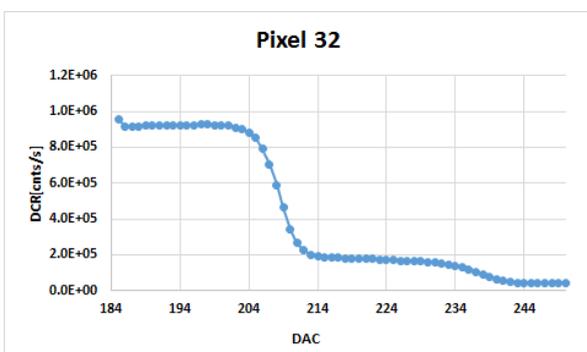
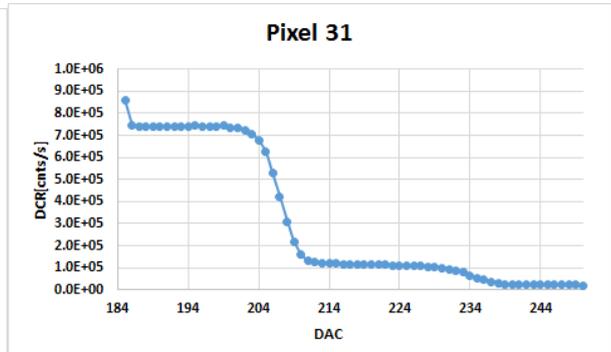
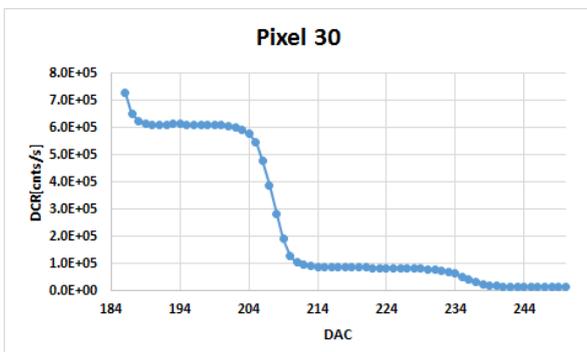
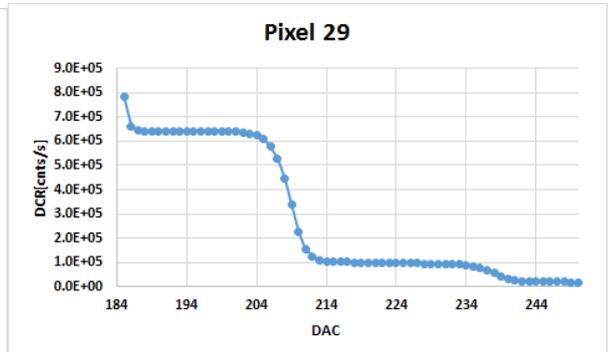
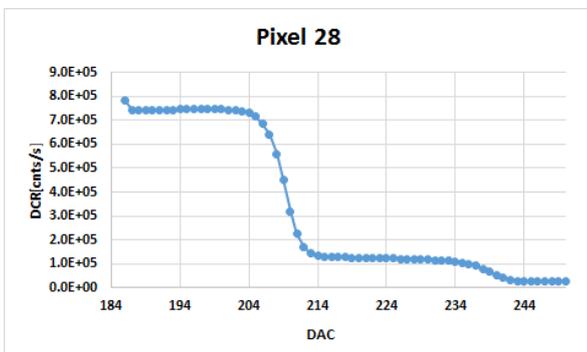
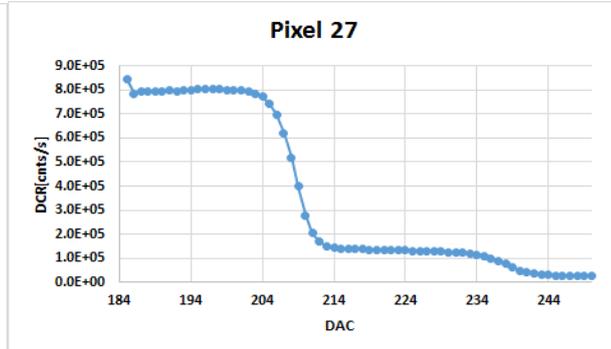
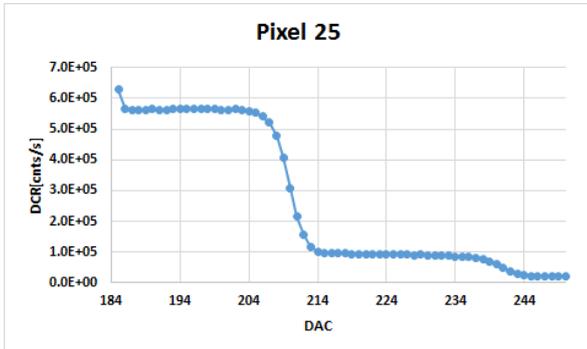
alla temperatura di funzionamento.

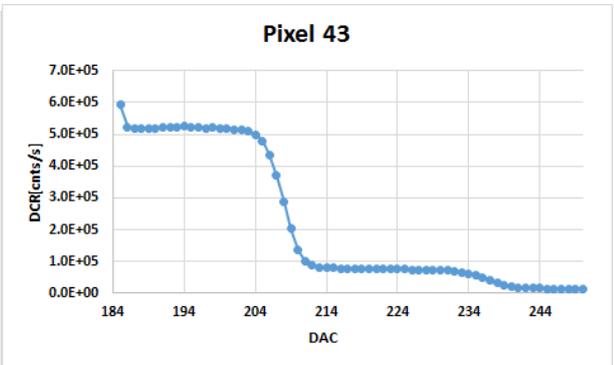
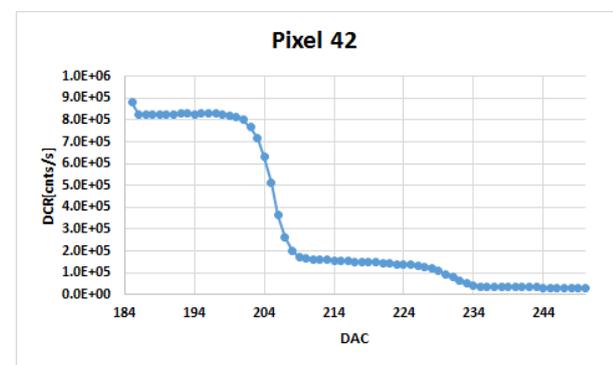
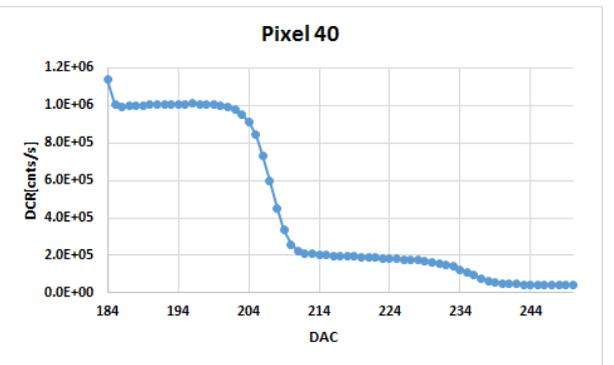
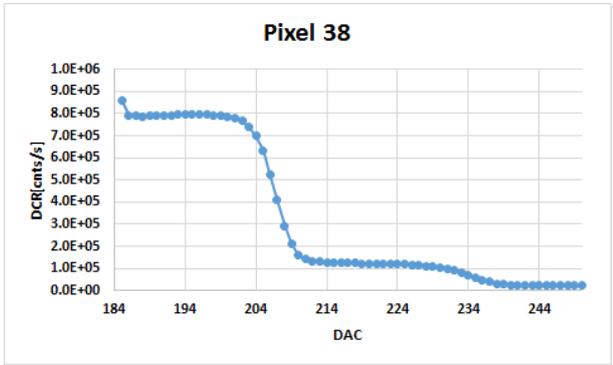
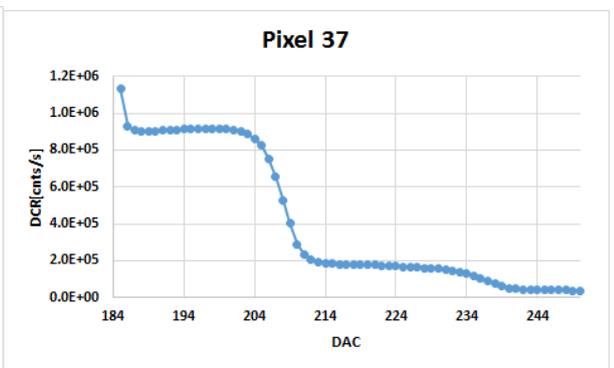
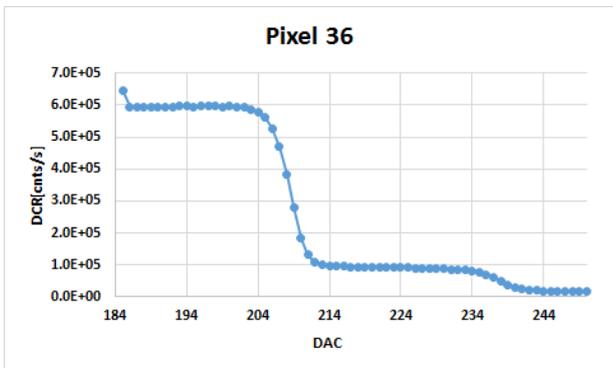
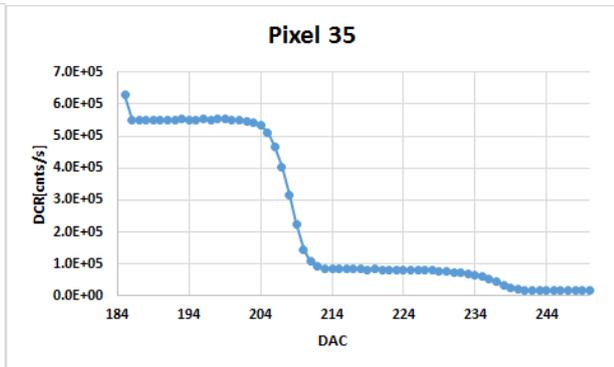
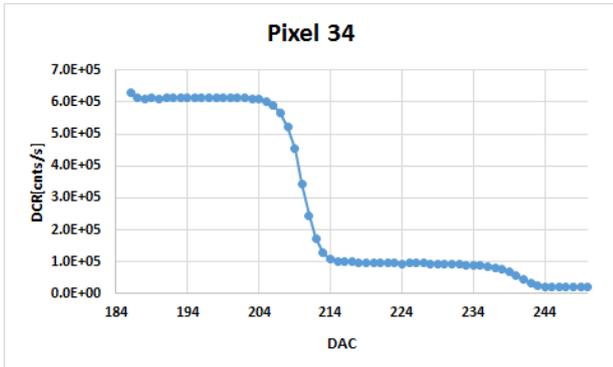
I valori tipici di DCR e di cross-talk sono riportati nella tabella riepilogativa di Figura 10

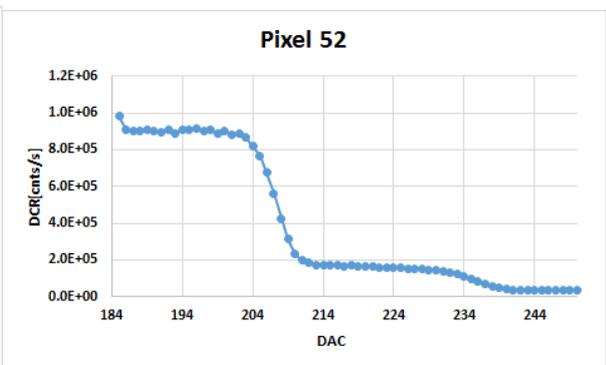
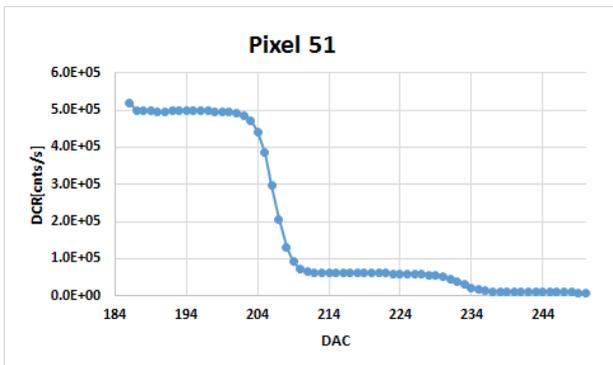
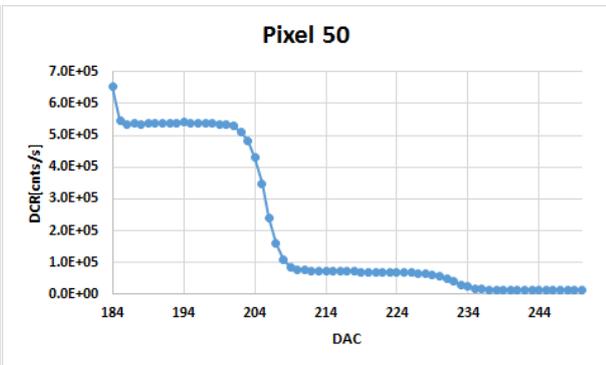
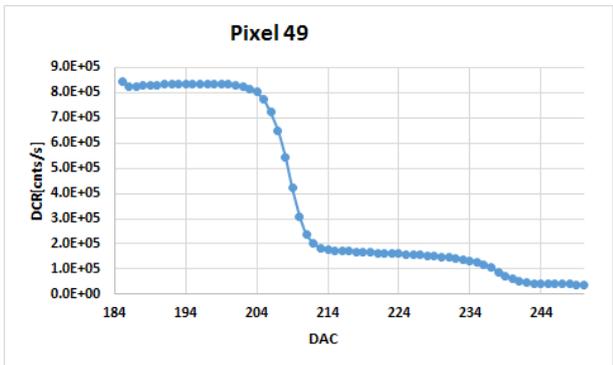
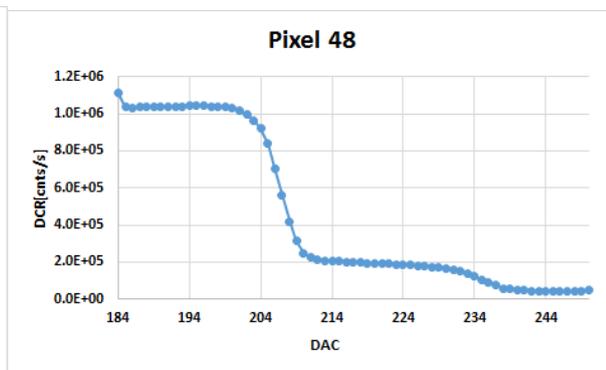
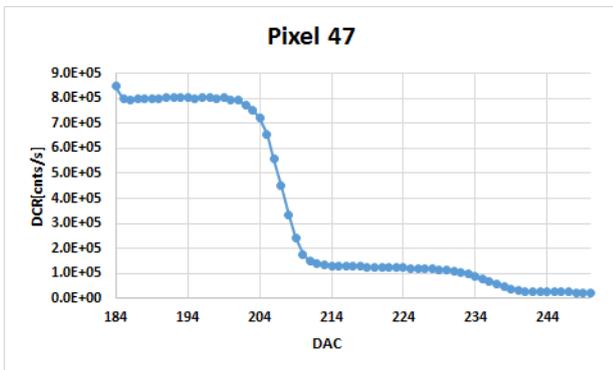
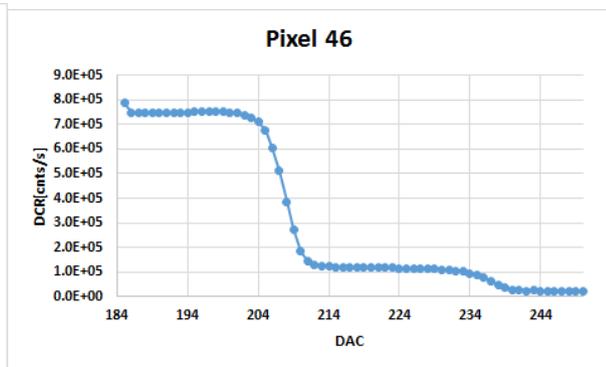
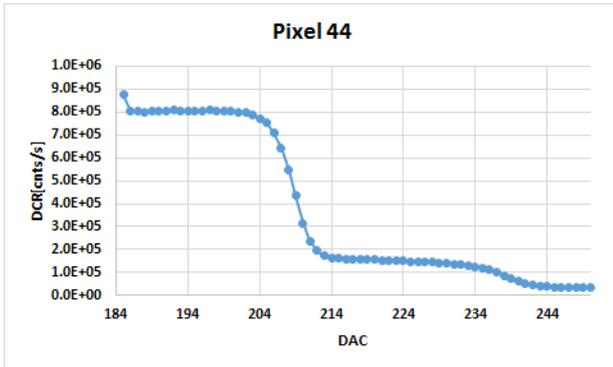


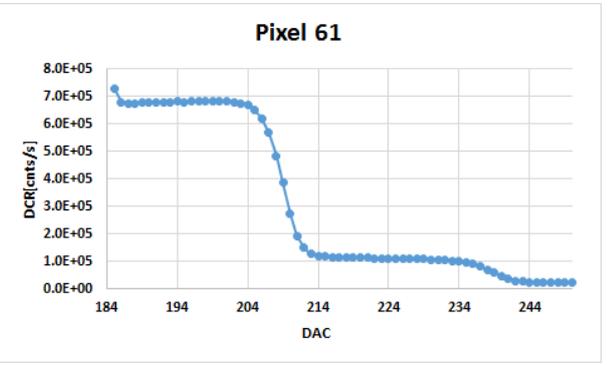
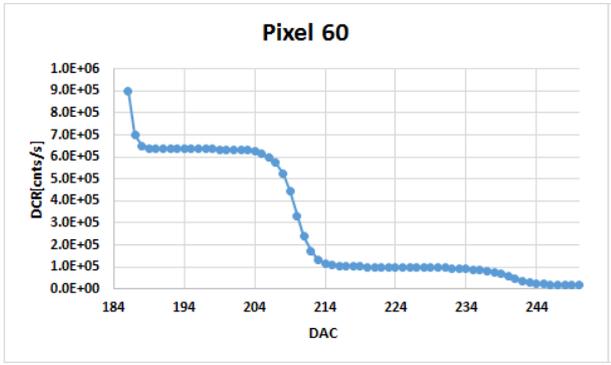
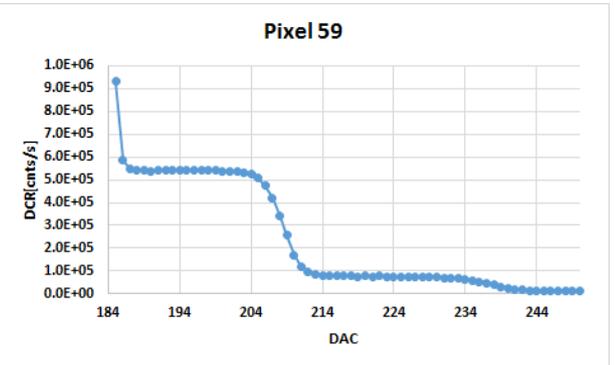
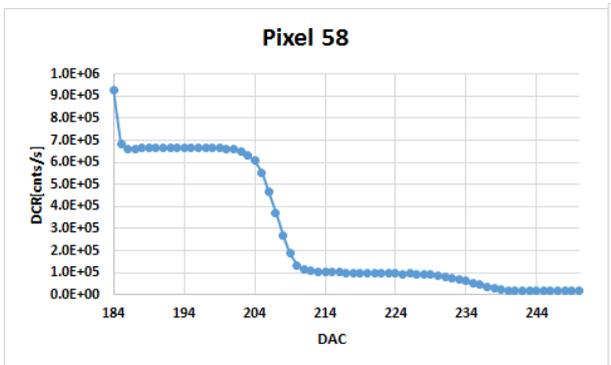
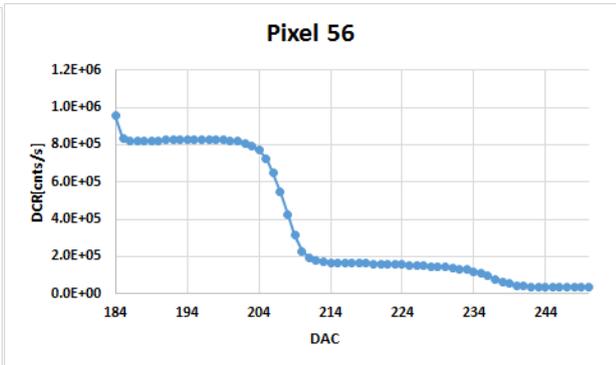
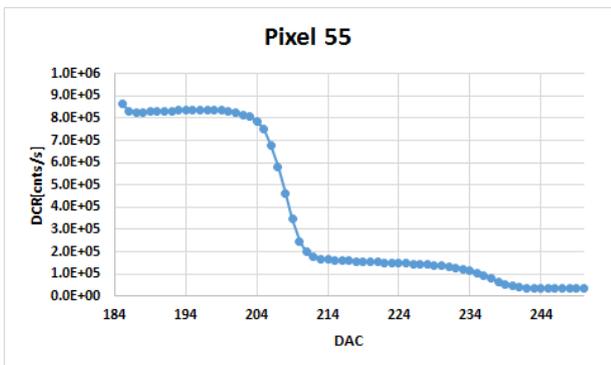
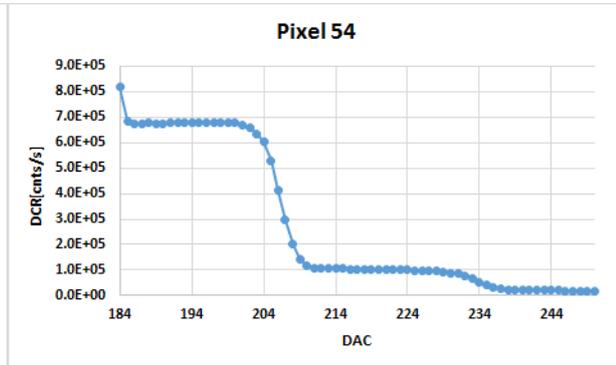
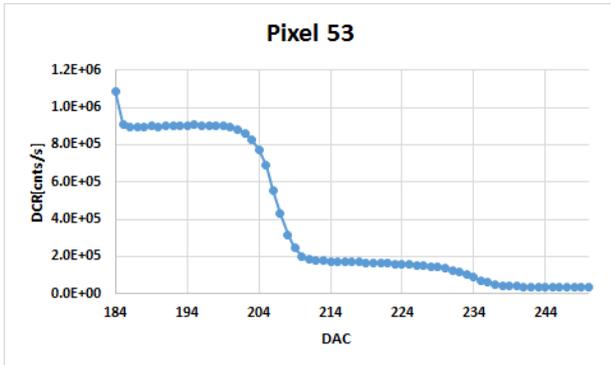


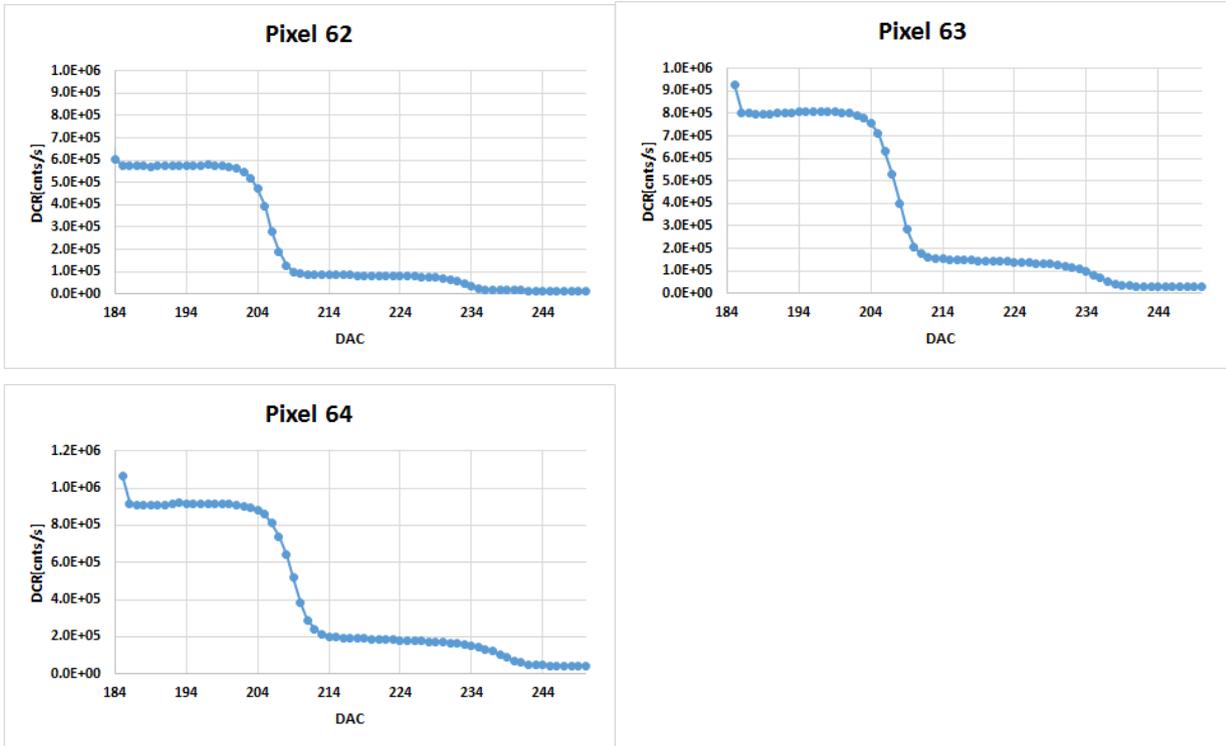












Pixel	DCR [KHz]	XT [%]									
1	779	20	17	767	18	33	870	21	49	834	18
2	590	16	18	532	15	34	612	15	50	538	13
3	800	16	19	861	16	35	551	14	51	500	12
4	736	16	20	750	15	36	596	14	52	904	16
5	683	15	21	721	14	37	915	17	53	905	18
6	597	14	22	811	15	38	795	13	54	678	15
7	623	15	23	873	16	39	0	0	55	835	18
8	0	0	24	0	0	40	1011	18	56	827	19
9	735	16	25	567	16	41	0	0	57	0	0
10	700	16	26	0	0	42	829	17	58	666	14
11	776	15	27	802	16	43	520	14	59	543	13
12	745	16	28	746	15	44	808	17	60	636	15
13	648	14	29	641	15	45	843	15	61	685	15
14	680	15	30	612	14	46	751	15	62	578	14
15	917	15	31	741	15	47	805	15	63	806	17
16	967	18	32	926	19	48	1041	18	64	915	18

Figura 10. Tabella riepilogativa dei valori di DCR a 0.5pe e XTalk

		<b>ASTRI - Astrofisica con Specchi a Tecnologia Replicante Italiana</b>				
	<b>Code: ASTRI-TR-OACT-3200-027</b>	<b>Issue: 1</b>	<b>DATE</b>	<b>29/04/2016</b>	<b>Page: 20</b>	

Come si può notare dalla tabella di Figura 10, la DCR alla temperatura di lavoro ( $14^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ), varia da un minimo di circa 500 KCnts/s ad un massimo di circa 1 MCnts/s, allo stesso modo il cross-talk varia, a parità di overvoltage, da un minimo di circa 12% (**che risulta in specifica!!**) ad un massimo di circa 21%. In rosso sono riportati i pixel che corrispondono ai canali non funzionanti della scheda di valutazione CITIROC.

Da una più attenta visione della tabella si nota un aspetto abbastanza interessante, ovvero:

i pixel con **Xtalk  $\leq 16\%$**  (valore accettabile) sono: 42 su 58

Mentre i pixel con **Xtalk  $\geq 20\%$**  sono soltanto 2 su 58 !!!!!!!!

Questo lascia ben sperare che un miglioramento del Corss-Talk sia possibile con un leggero intervento sulla tecnologia attuale dei SiPM da parte di Hamamatsu Photonics.

***All files related to the experimental measurements presented in this report, are located in the database on the PC-LAB (COLD) site Astrophysical Observatory of Catania, path C:\Users\CCDLab1\Desktop\Romeo\Misure***



### 3. CONTACTS

The team working on the electronic design of the ASTRI camera is composed by people from INAF's Catania Astrophysical Observatory and Palermo IFC. It is also referred to as the Electronics Camera Team.

Giovanni Bonanno	<a href="mailto:gbo@oact.inaf.it">gbo@oact.inaf.it</a>	OACT Catania
Giuseppe Romeo	<a href="mailto:giuseppe.romeo@oact.inaf.it">giuseppe.romeo@oact.inaf.it</a>	OACT Catania
Maria Cristina Timpanaro	<a href="mailto:mariacristina.timpanaro@oact.inaf.it">mariacristina.timpanaro@oact.inaf.it</a>	OACT Catania
Salvatore Garozzo	<a href="mailto:salvatore.garozzo@oact.inaf.it">salvatore.garozzo@oact.inaf.it</a>	OACT Catania
Davide Marano	<a href="mailto:davide.marano@oact.inaf.it">davide.marano@oact.inaf.it</a>	OACT Catania
Alessandro Grillo	<a href="mailto:agrillo@oact.inaf.it">agrillo@oact.inaf.it</a>	OACT Catania
Osvaldo Catalano	<a href="mailto:osvaldo.catalano@iasf-palermo.inaf.it">osvaldo.catalano@iasf-palermo.inaf.it</a>	IFC Palermo
Giovanni La Rosa	<a href="mailto:larosa@ifc.inaf.it">larosa@ifc.inaf.it</a>	IFC Palermo
Giuseppe Sottile	<a href="mailto:sottile@ifc.inaf.it">sottile@ifc.inaf.it</a>	IFC Palermo
Salvatore Giarrusso	<a href="mailto:jerry@ifc.inaf.it">jerry@ifc.inaf.it</a>	IFC Palermo
Domenico Impiombato	<a href="mailto:domenico.impiombato@ifc.inaf.it">domenico.impiombato@ifc.inaf.it</a>	IFC Palermo