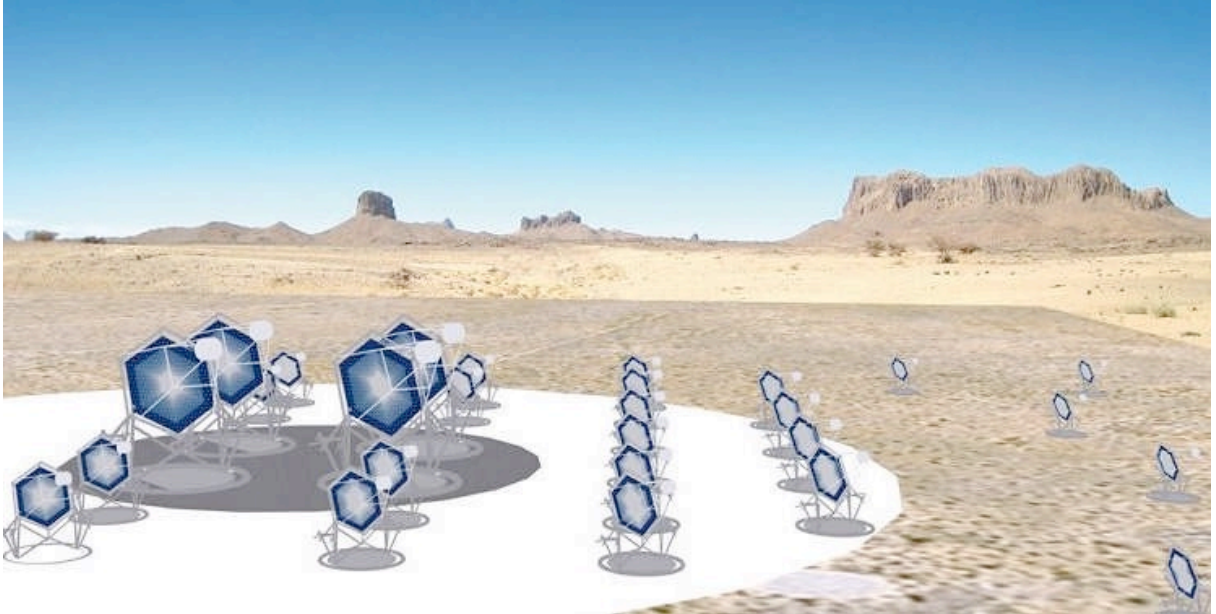


OSSERVATORIO ASTROFISICO DI CATANIA

Caratterizzazione della Tile Hamamatsu S/N.6 8x8 pixel con SiPM da $6.975 \times 6.975 \text{mm}^2$ con microcella da $75 \mu\text{m}$



Osservatorio Astrofisico di Catania

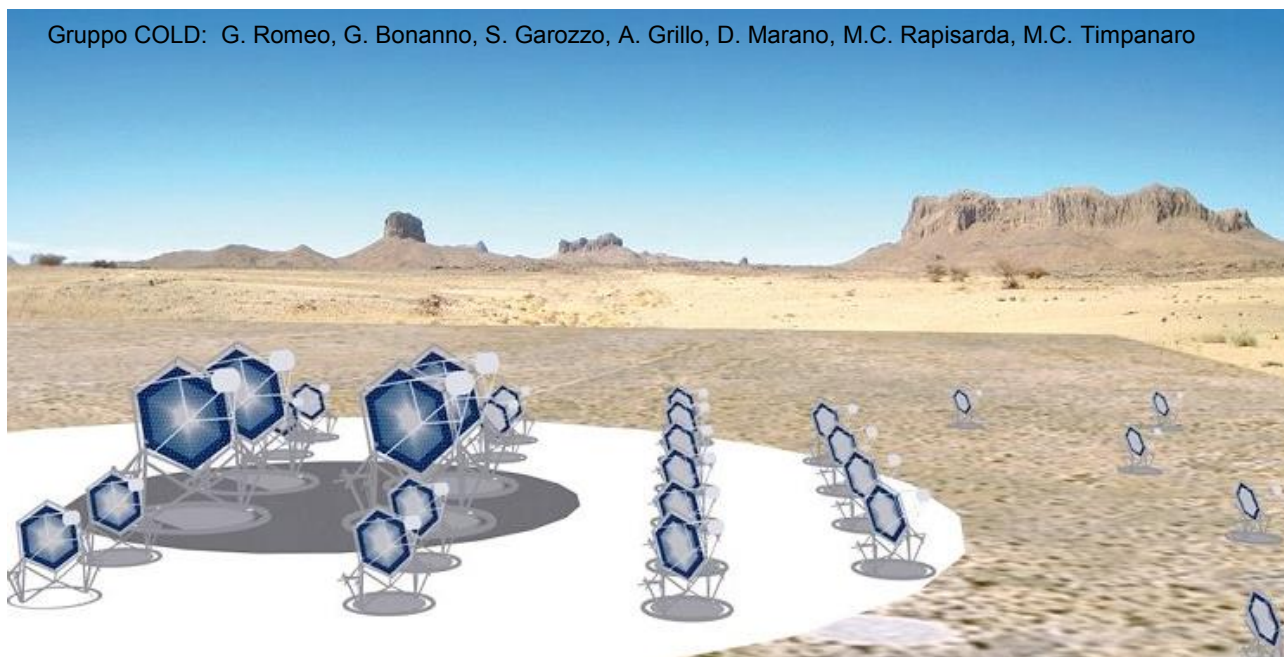
G. ROMEO⁽¹⁾, G. BONANNO⁽¹⁾, S. GAROZZO⁽¹⁾, A. GRILLO⁽¹⁾, D. MARANO⁽¹⁾,
M. C. RAPISARDA⁽¹⁾, M. C. TIMPANARO⁽¹⁾

(1) INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania

Rapporti interni e tecnici
N.05/2016

Caratterizzazione della Tile Hamamatsu S/N.6 8x8 pixel di dimensioni 6.975x6.975 mm² 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: 28/04/2016

Reviewed by: Name: **Giovanni Bonanno** Signature:  Date: 28/04/2016

Approved by: Name: **Giovanni Bonanno** Signature:  Date: 28/04/2016



TABLE OF CONTENTS

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



DISTRIBUTION LIST

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



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 6, 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 μ 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).

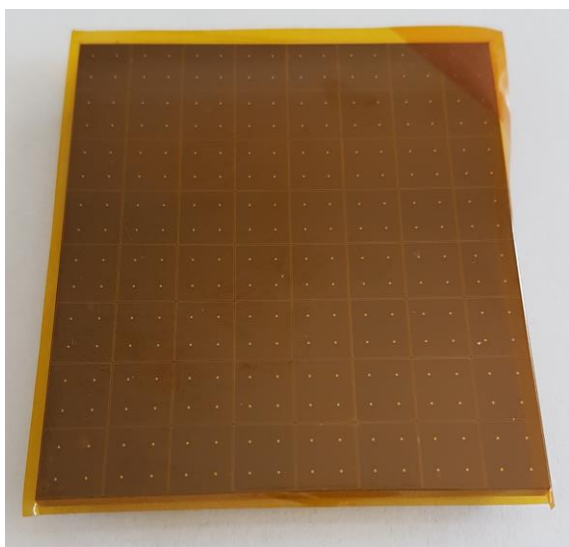


Figura 1. Front side

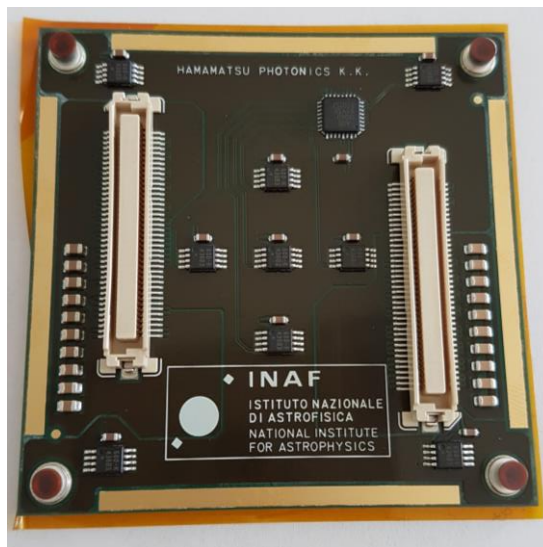


Figura 2. Back side

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.

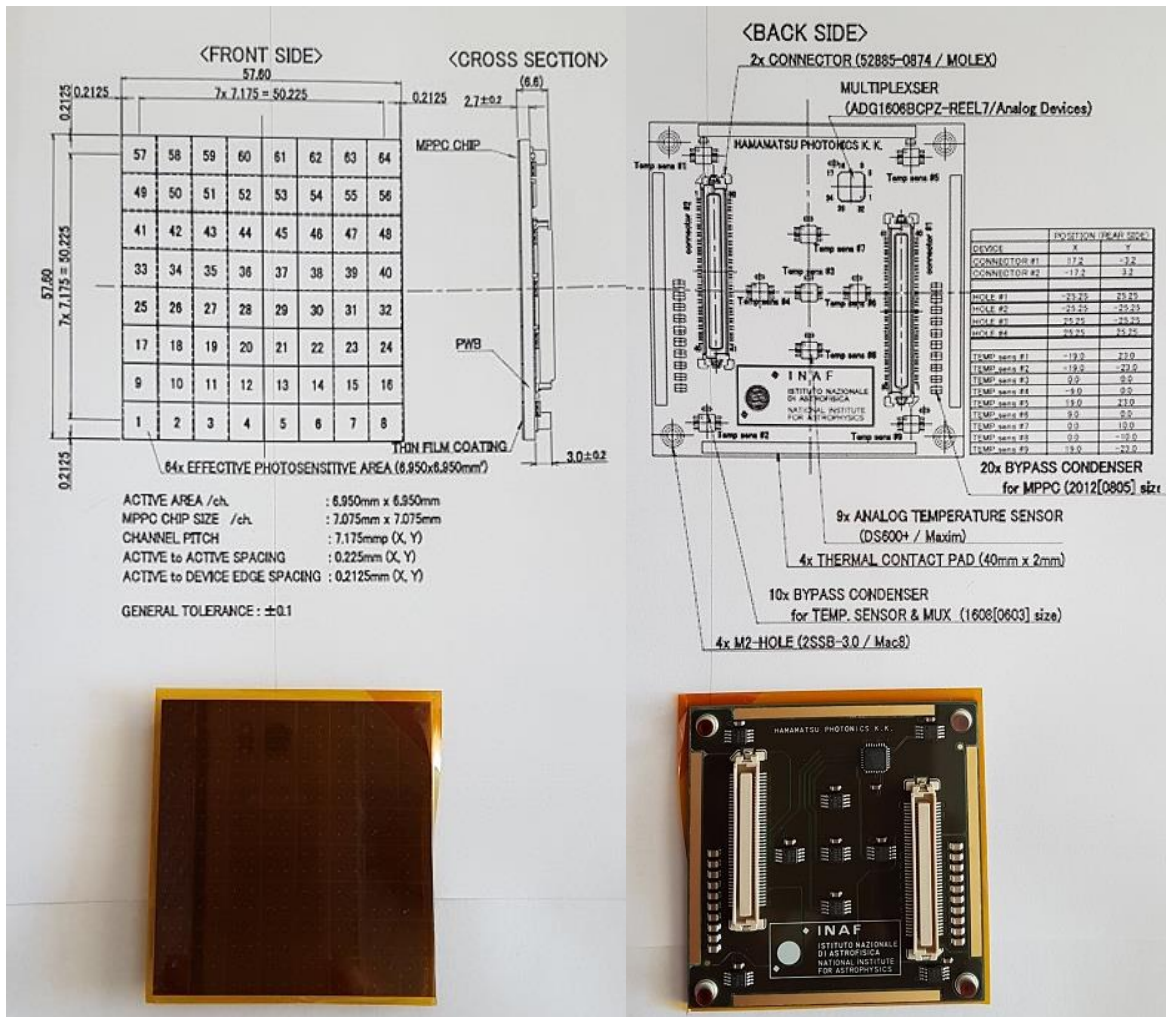


Figura 3. Top e bottom della tile.

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°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	55,51	2,23	A4	33	55,55	1,79
B8	2	55,51	1,95	B4	34	55,32	1,61
C8	3	55,49	1,95	C4	35	55,27	1,65
D8	4	55,48	1,86	D4	36	55,46	1,97
E8	5	55,41	1,84	E4	37	55,33	2,36
F8	6	55,45	1,85	F4	38	55,27	1,89
G8	7	55,31	1,86	G4	39	55,29	1,74
H8	8	55,38	1,92	H4	40	55,27	1,82
A7	9	55,43	1,73	A3	41	55,46	2,21
B7	10	55,29	1,61	B3	42	55,45	2,02
C7	11	55,56	2,00	C3	43	55,39	1,93
D7	12	55,58	2,28	D3	44	55,23	1,68
E7	13	55,26	1,89	E3	45	55,31	2,02
F7	14	55,17	1,80	F3	46	55,27	1,66
G7	15	55,14	1,86	G3	47	55,22	2,05
H7	16	55,37	2,17	H3	48	55,17	1,76
A6	17	55,58	2,24	A2	49	55,41	1,76
B6	18	55,54	2,10	B2	50	55,40	1,65
C6	19	55,45	1,94	C2	51	55,22	1,58
D6	20	55,50	1,98	D2	52	55,37	1,89
E6	21	55,41	1,89	E2	53	55,42	2,33
F6	22	55,42	1,85	F2	54	55,25	2,12
G6	23	55,39	1,85	G2	55	55,26	1,79
H6	24	55,33	1,77	H2	56	55,28	1,81
A5	25	55,37	1,67	A1	57	55,48	2,06
B5	26	55,31	1,80	B1	58	55,39	2,12
C5	27	55,55	1,97	C1	59	55,38	1,97
D5	28	55,52	1,89	D1	60	55,25	1,66
E5	29	55,26	1,92	E1	61	55,38	2,06
F5	30	55,23	1,77	F1	62	55,16	1,62
G5	31	55,17	1,85	G1	63	55,15	2,22
H5	32	55,29	2,12	H1	64	55,18	1,78

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).

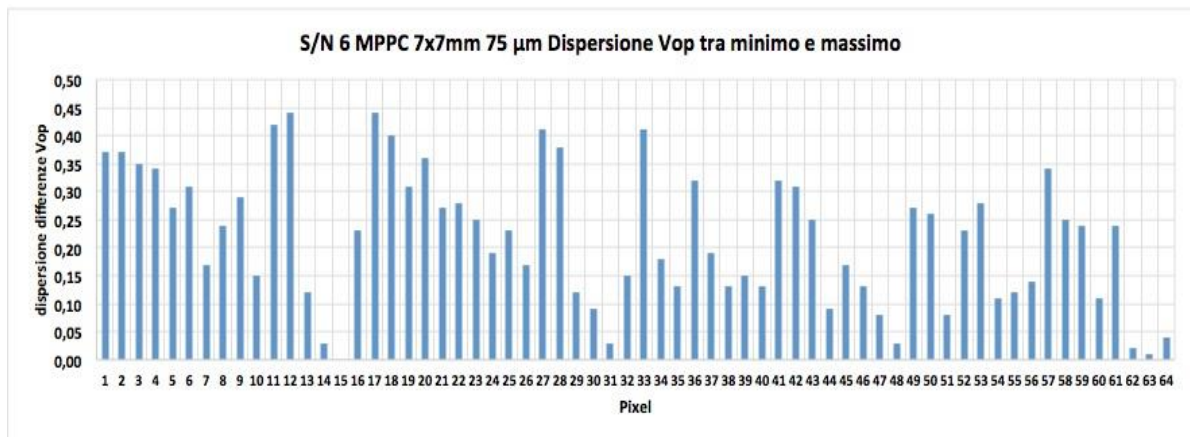


Figura 8. Dispersione delle tensioni operative per il 64 pixels

Come si può notare, il valore di tensione operativa minima è di 55.14V mentre quella massima è di 55.58V con una differenza di 0.44V.

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.

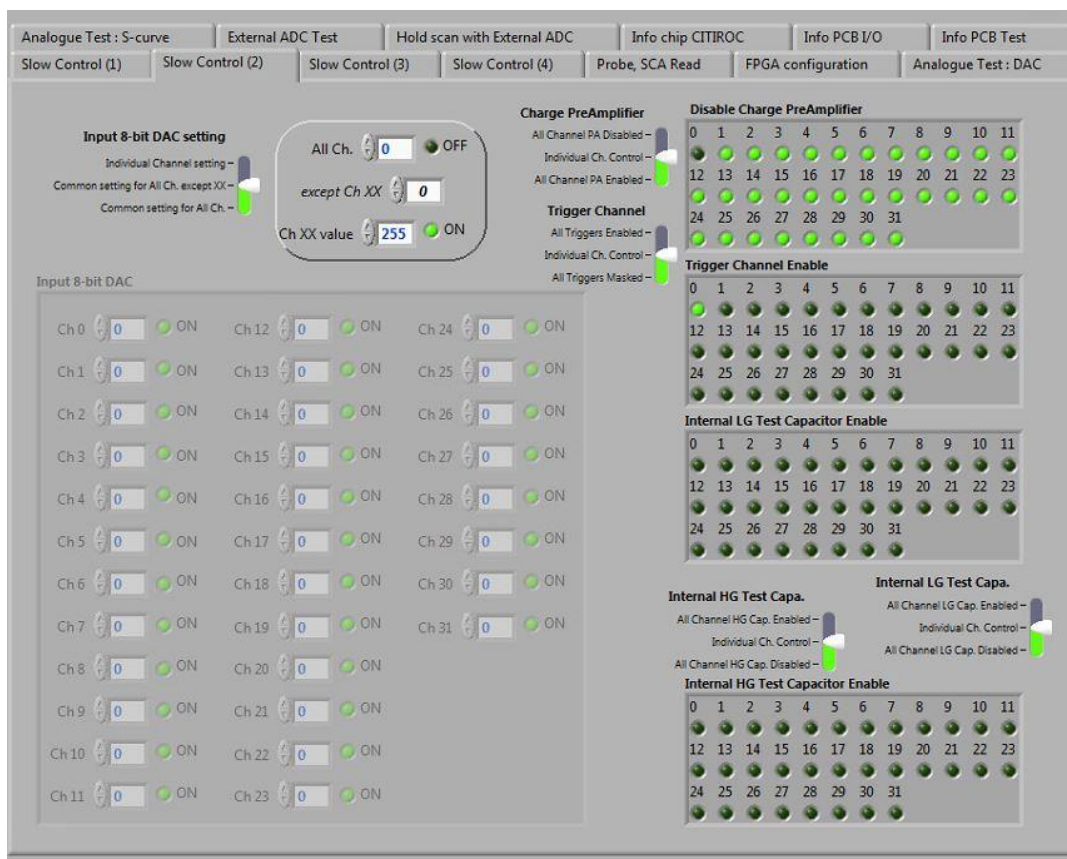


Figura 9. Settaggi dello slow control per il canale 0. Come si nota i “Preamplificatori” e i “Trigger” di tutti gli altri canali sono disabilitati.

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.

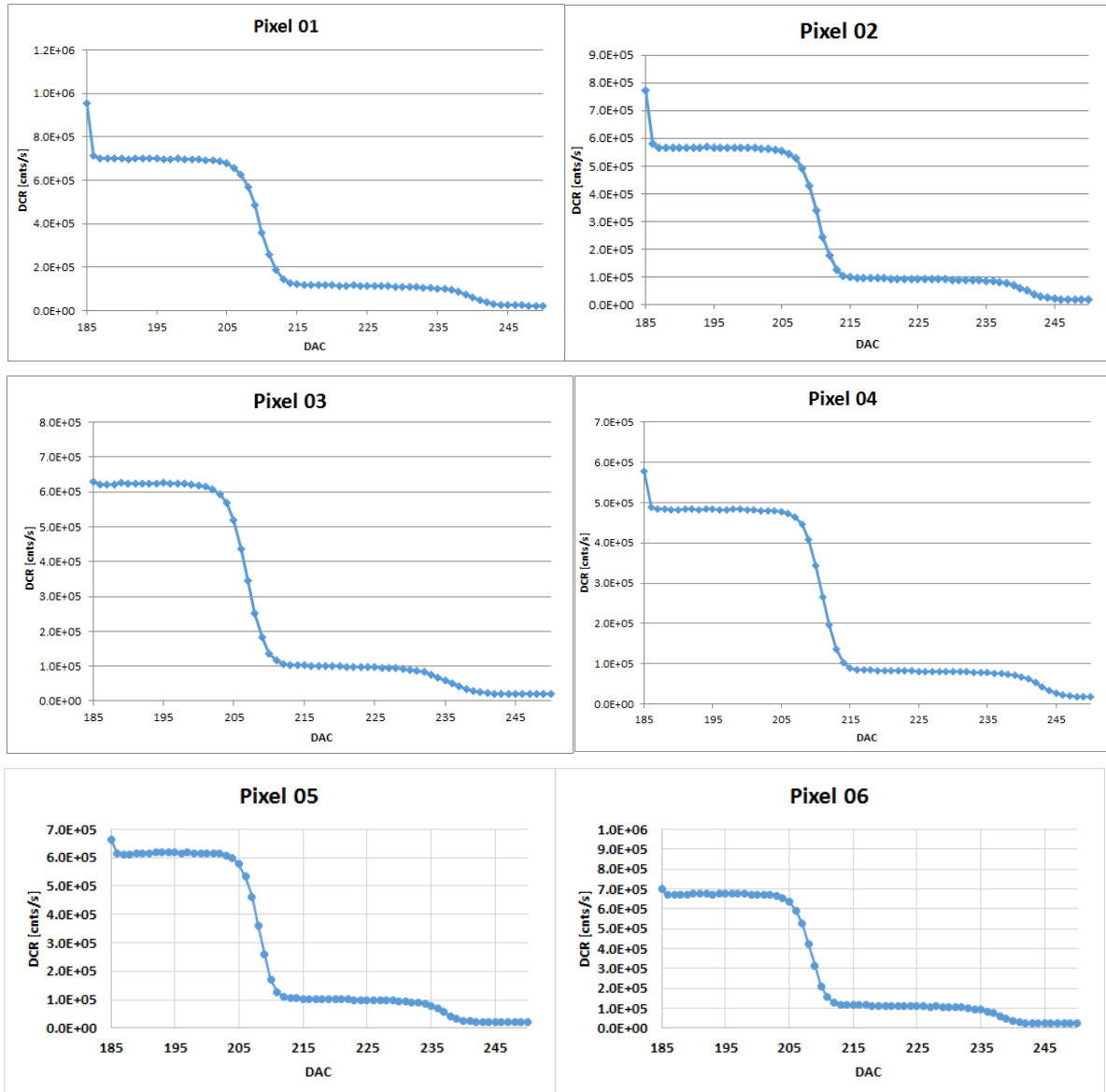
Di seguito il risultato dei test delle misure di stair-cases ottenute applicando la tensione operativa $V_{op}=V_{br}+3V$ per ciascun pixel e compensata per variazioni di temperatura applicando il coefficiente $dV/dT=54mV/^{\circ}C$. La temperatura di lavoro è stata controllata per avere un valore di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

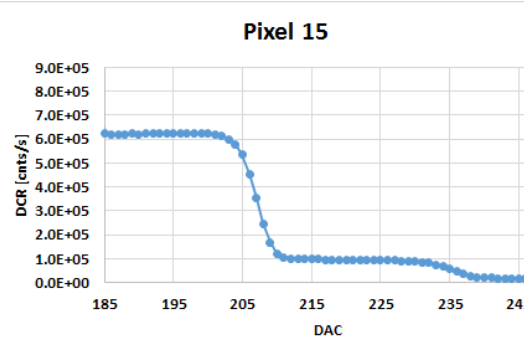
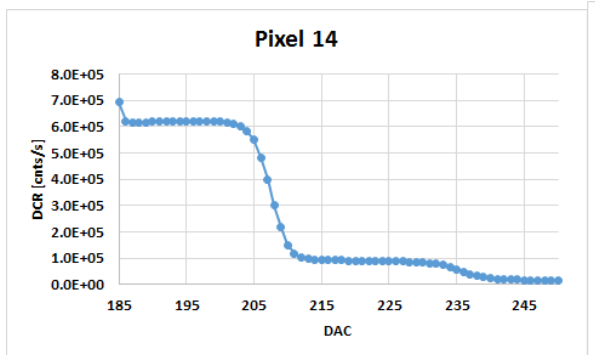
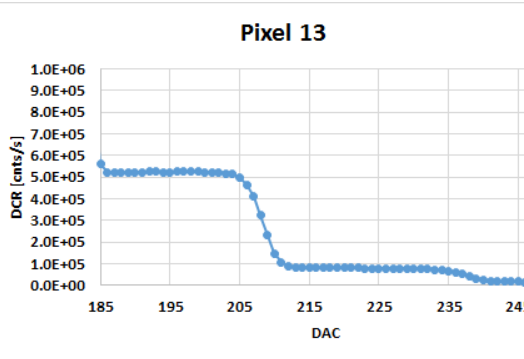
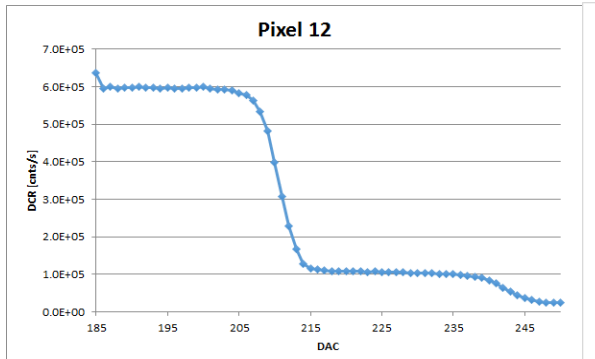
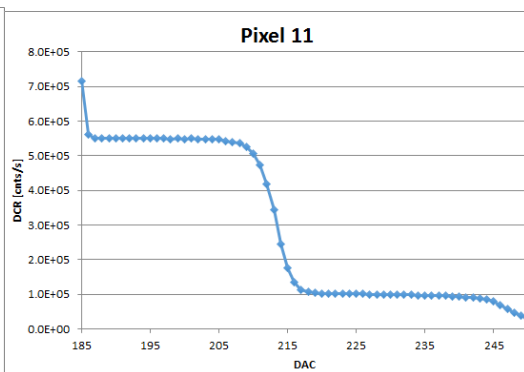
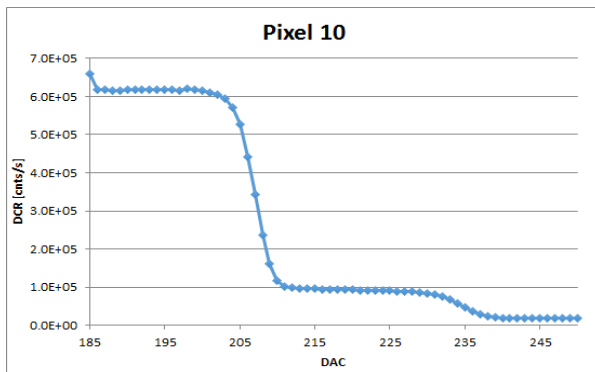
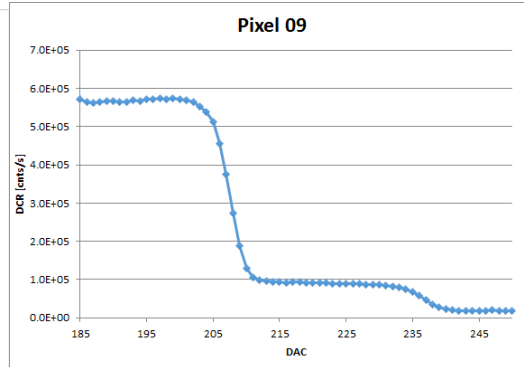
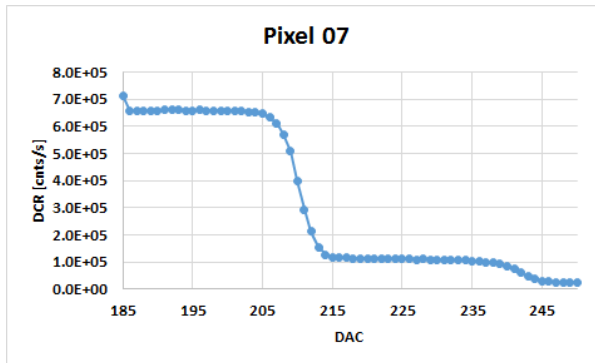
Per ogni plot è riportato il valore di cross-talk ottenuto come rapporto:

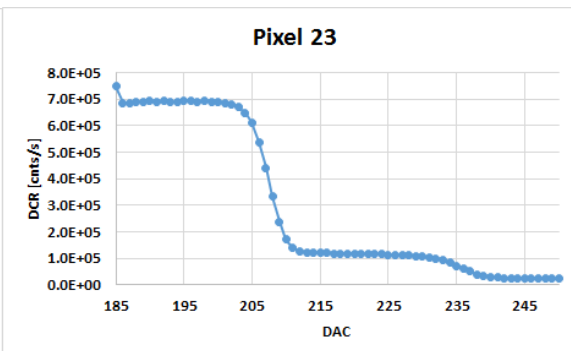
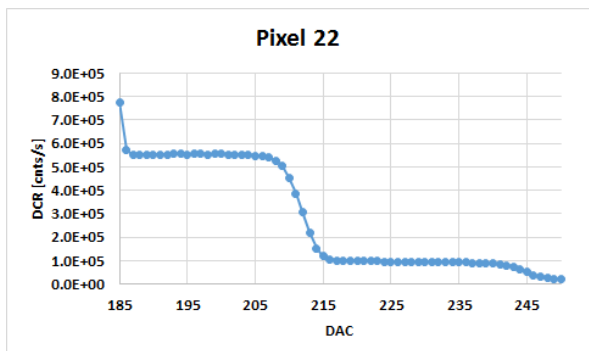
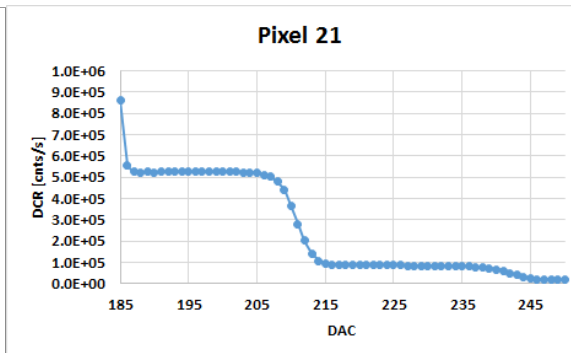
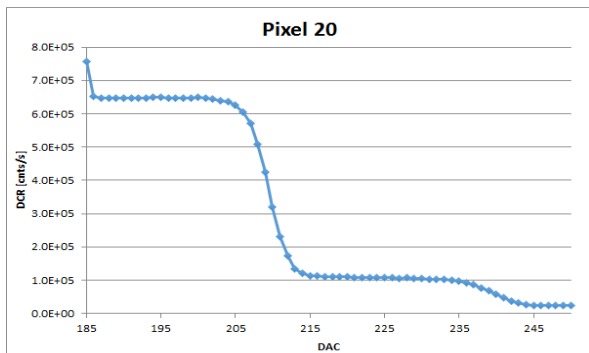
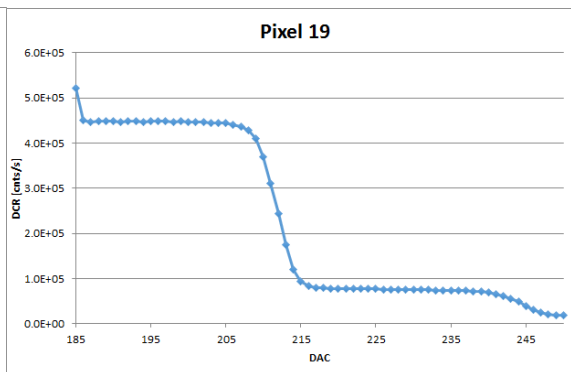
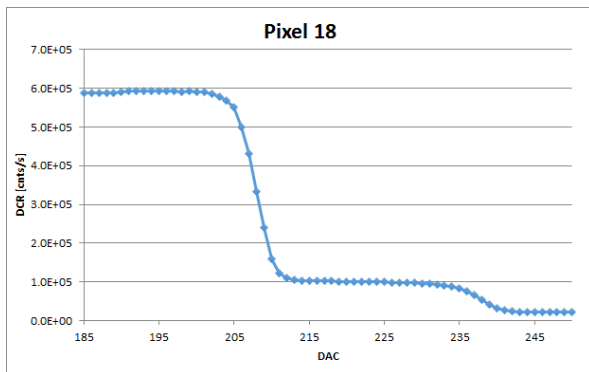
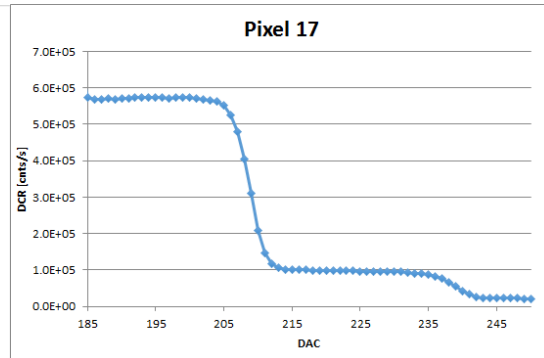
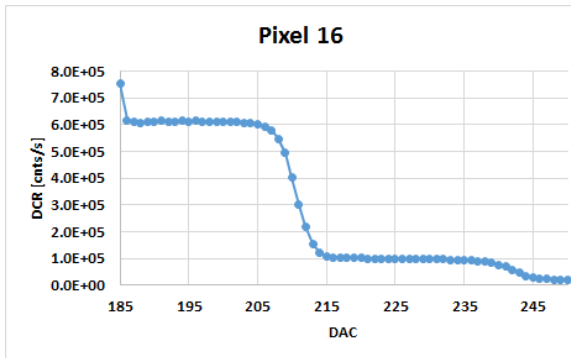
$$\text{DCR@ 1.5pe} / \text{DCR@ 0.5pe}$$

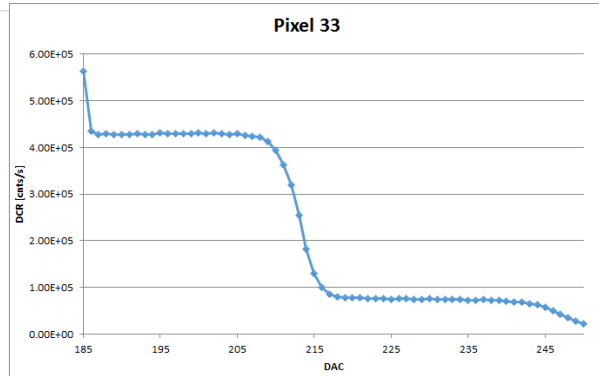
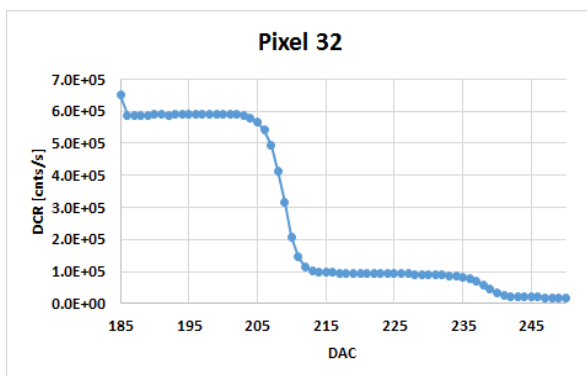
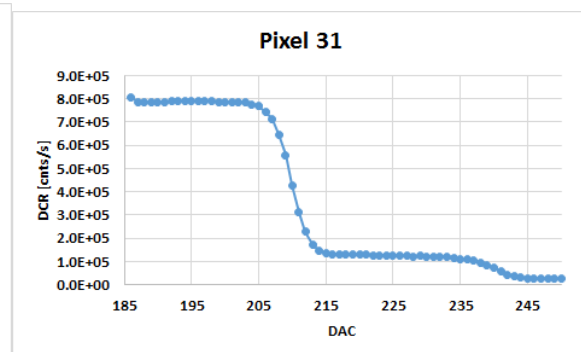
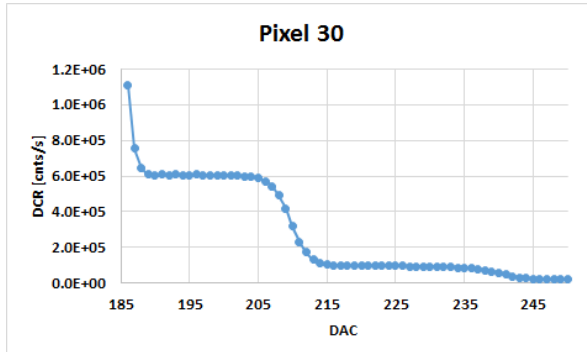
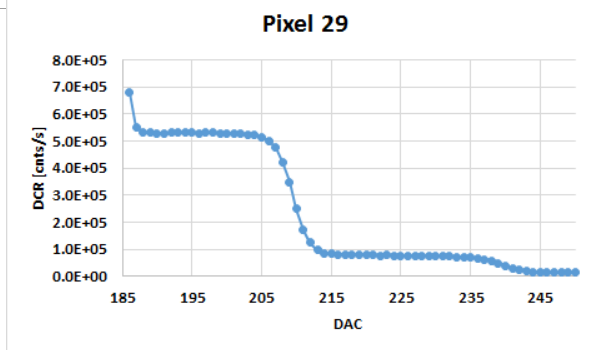
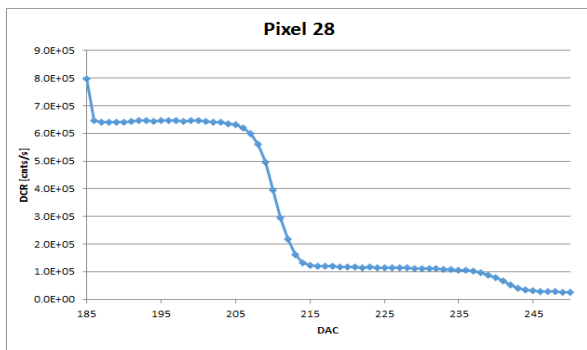
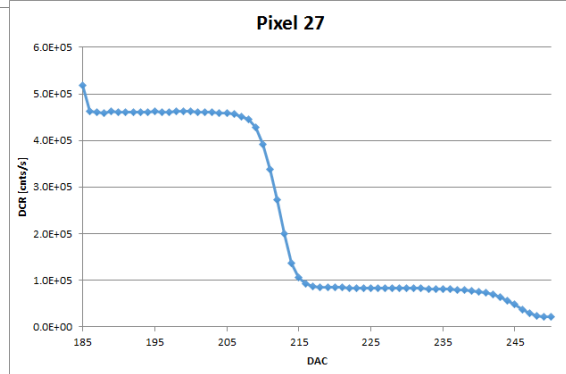
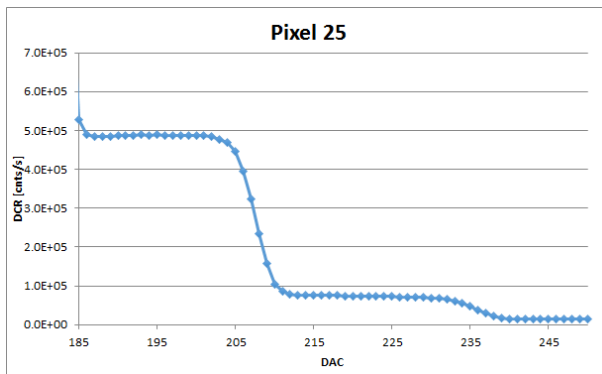
alla temperatura di funzionamento.

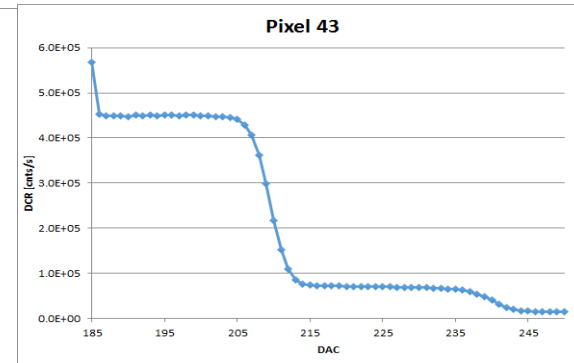
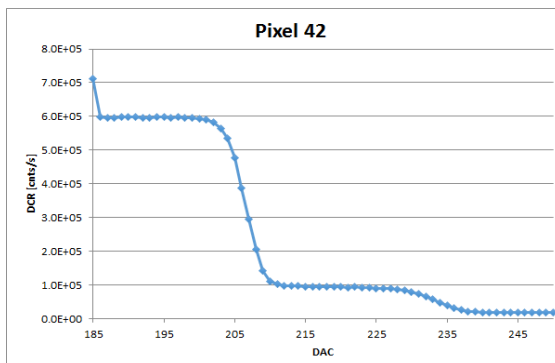
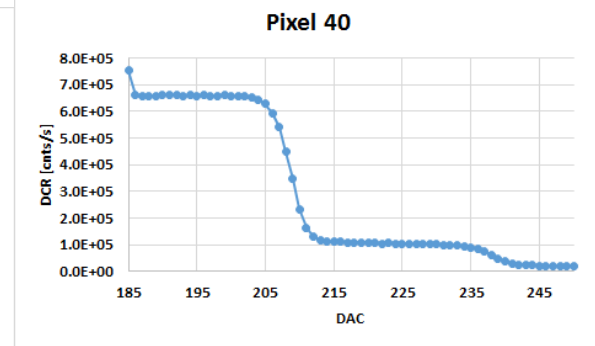
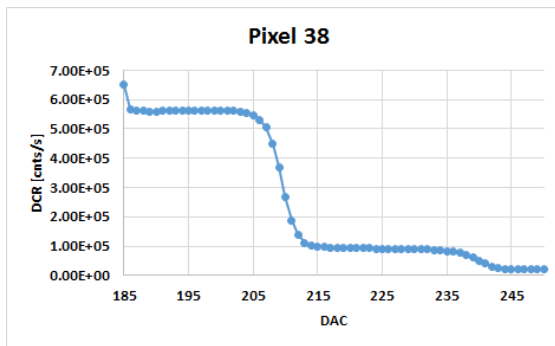
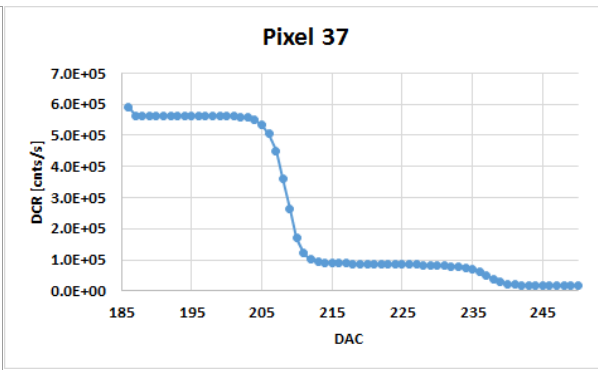
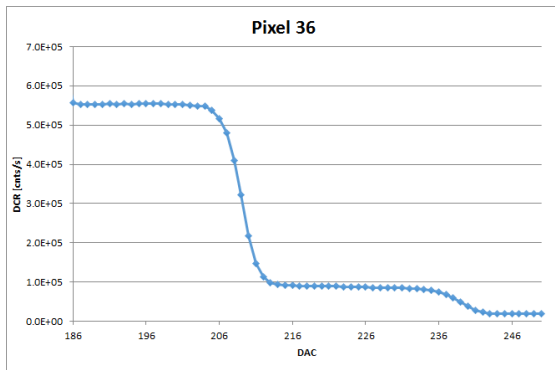
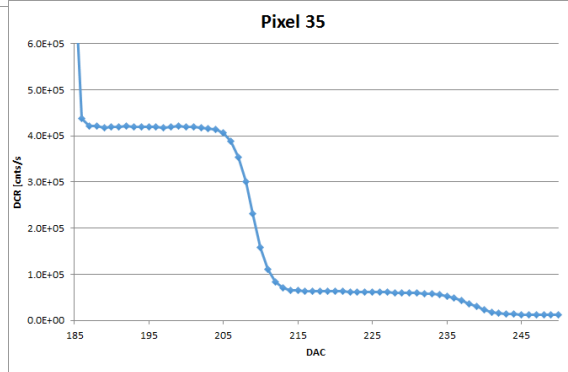
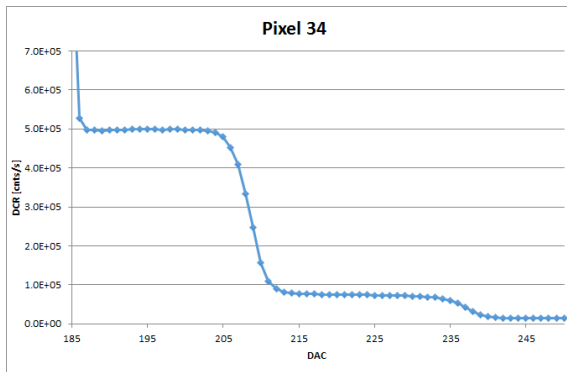
I valori tipici di DCR e di cross-talk sono riportati nella tabella riepilogativa di Figura 10

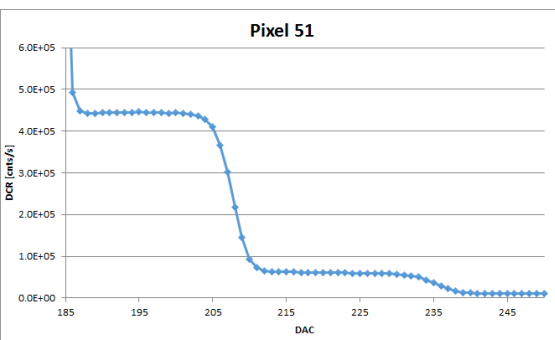
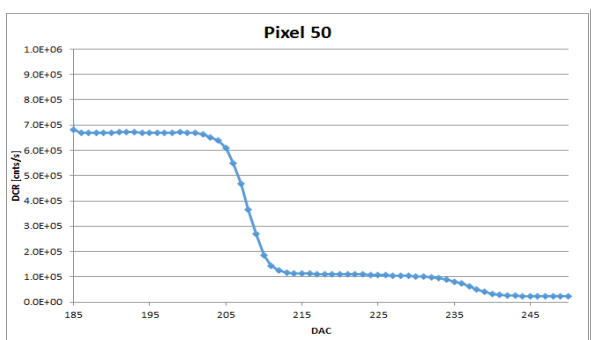
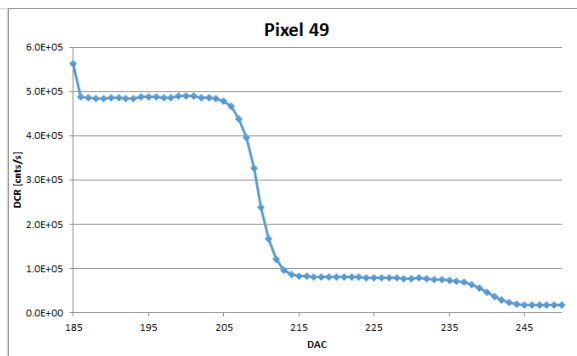
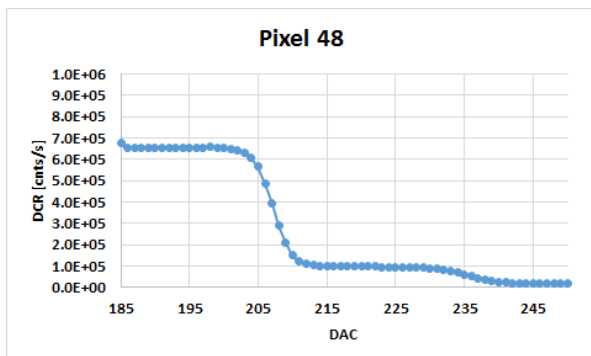
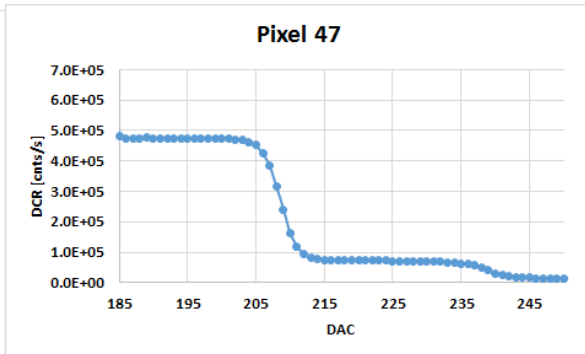
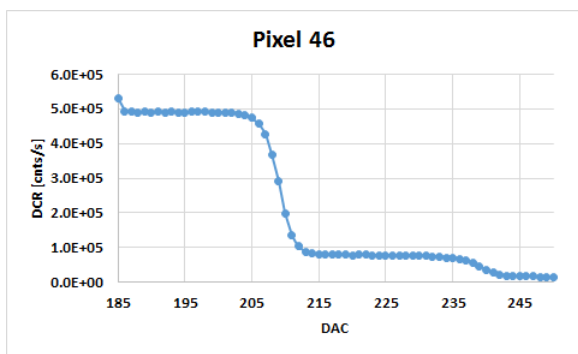
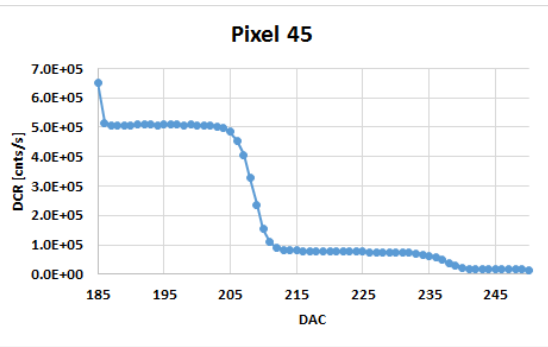
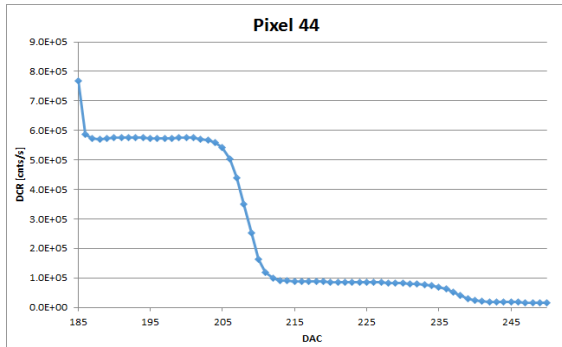


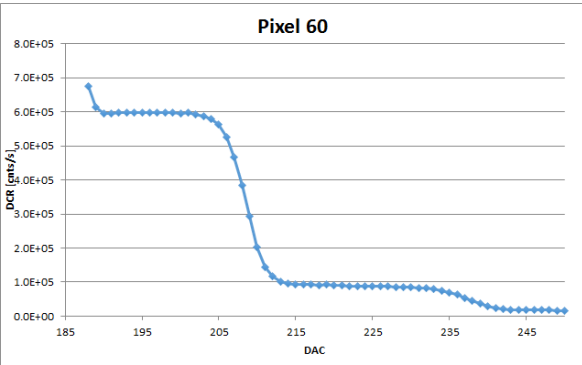
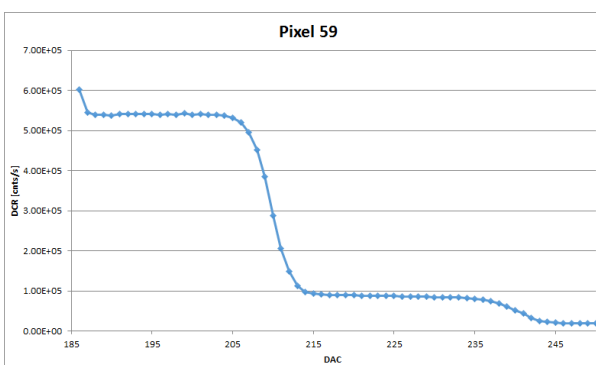
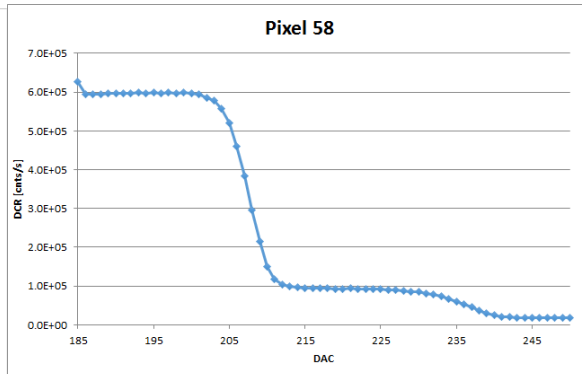
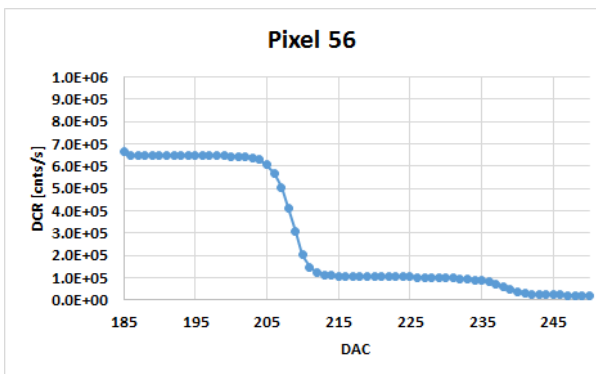
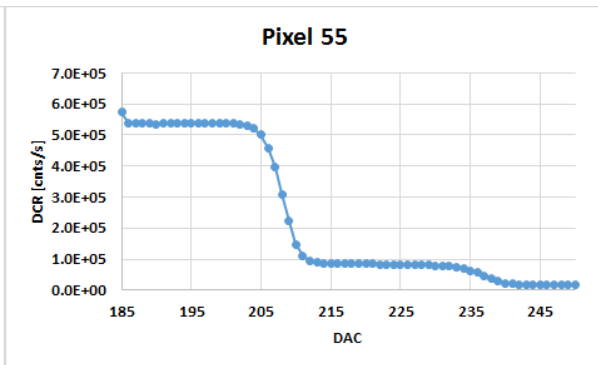
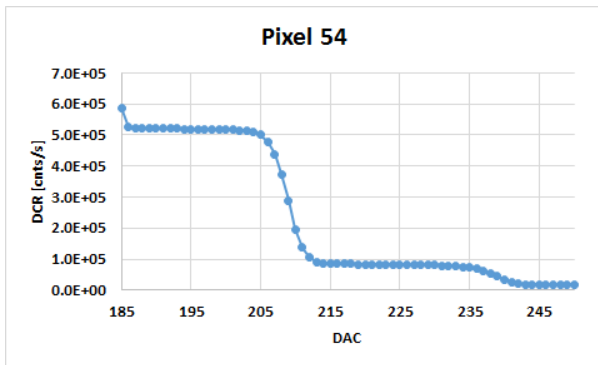
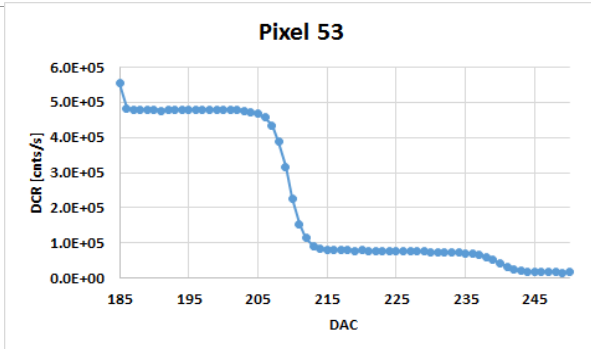
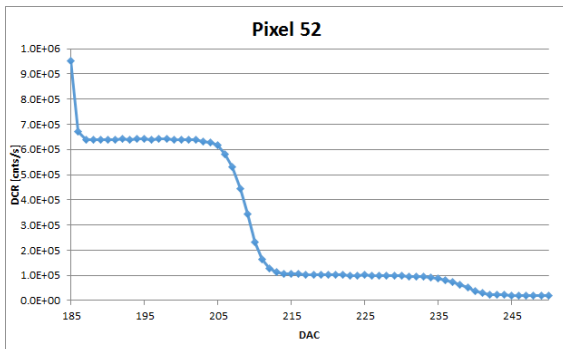


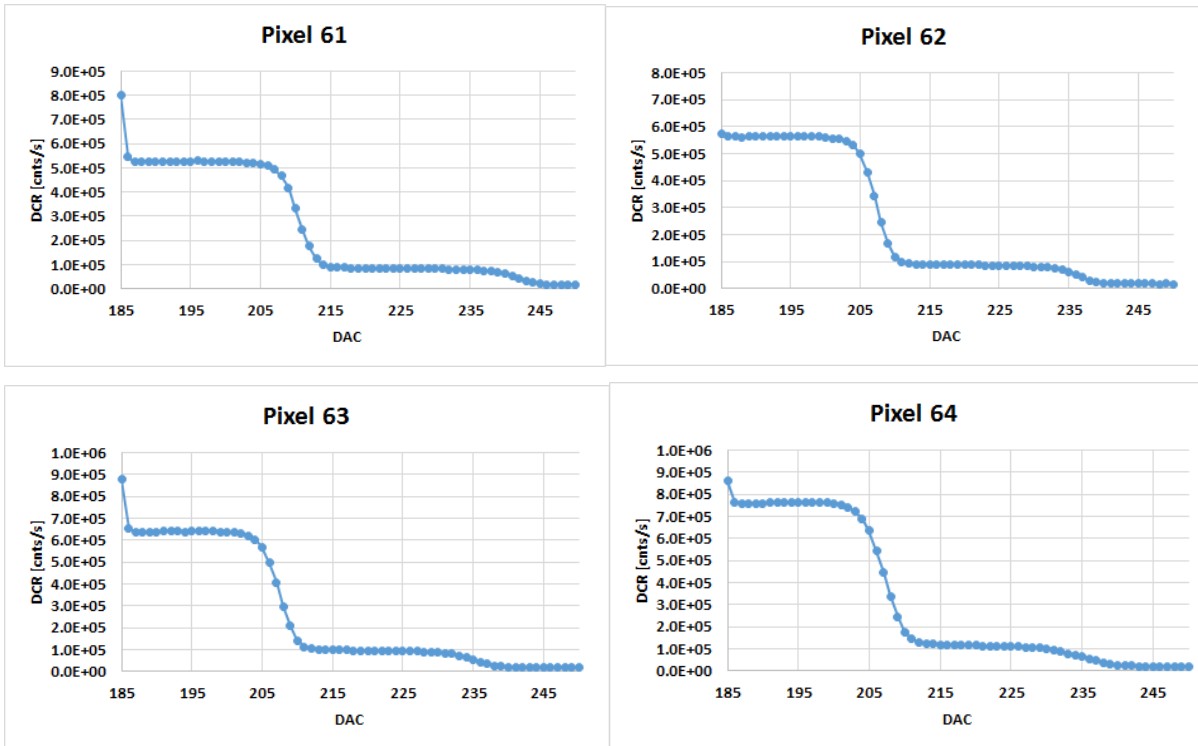












Pixel	DCR [KHz]	XT [%]	Pixel	DCR [KHz]	XT [%]	Pixel	DCR [KHz]	XT [%]	Pixel	DCR [KHz]	XT [%]
1	700	16	17	574	17	33	430	17	49	488	16
2	565	16	18	592	16	34	500	14	50	671	16
3	624	15	19	448	16	35	418	14	51	445	13
4	481	17	20	647	16	36	555	15	52	639	15
5	616	15	21	524	16	37	563	15	53	479	16
6	676	16	22	554	17	38	564	16	54	518	16
7	658	17	23	690	16	39	0	0	55	539	15
8	0	0	24	0	0	40	661	15	56	648	16
9	572	15	25	486	15	41	0	0	57	0	0
10	618	14	26	0	0	42	597	15	58	597	15
11	551	17	27	462	17	43	450	15	59	540	16
12	596	17	28	645	17	44	573	15	60	598	14
13	621	14	29	530	14	45	508	15	61	529	16
14	643	14	30	608	16	46	491	16	62	565	15
15	625	15	31	788	16	47	475	15	63	641	14
16	610	16	32	591	16	48	654	14	64	761	14

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

		ASTRI - Astrofisica con Specchi a Tecnologia Replicante Italiana					
	Code: ASTRI-TR-OACT-3200-030	Issue: 1	DATE	29/04/2016	Page:	20	

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 400 KCnts/s ad un massimo di circa 800 KCnts/s, allo stesso modo il cross-talk varia, a parità di overvoltage, da un minimo di circa 13% (**che risulta in specifica!!**) ad un massimo di circa 17%. 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: 45 su 58

Mentre i pixel con **Xtalk $\geq 20\%$** sono: 0 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.

L'unico accorgimento da usare è quello di fare funzionare i sensori ad una temperatura operativa sotto i 15°C .

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