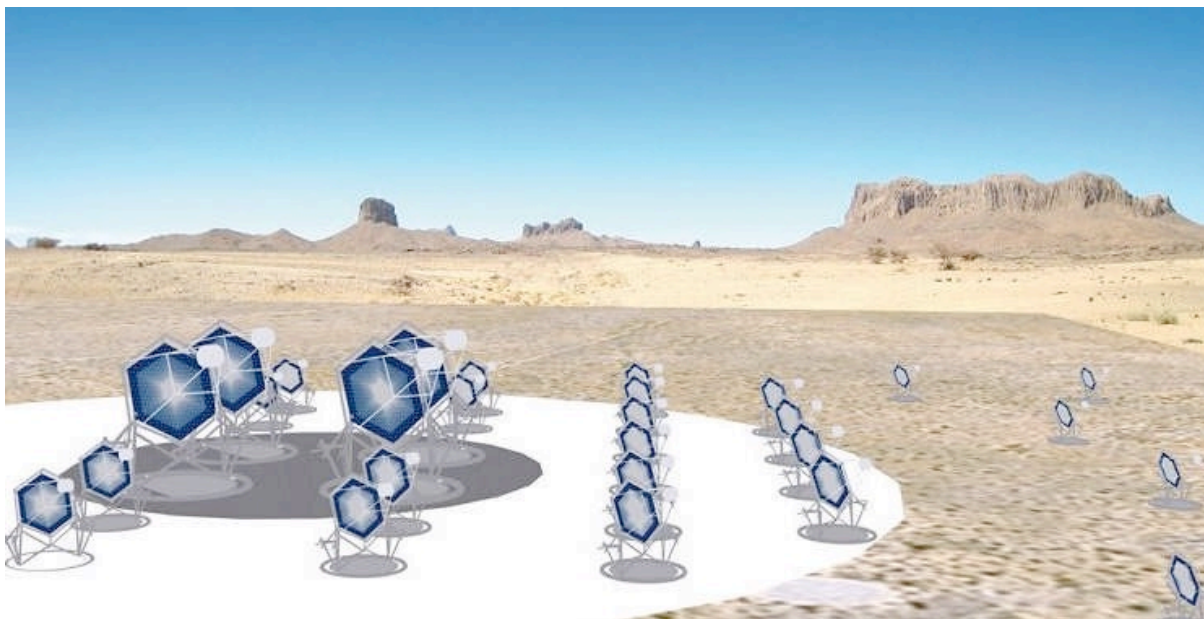


---

*OSSERVATORIO ASTROFISICO DI CATANIA*

# Caratterizzazione della Tile Hamamatsu S/N.0 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. TIMPANARO<sup>(1)</sup>

(1) INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania

Rapporti interni e tecnici  
N.01/2016

---

**INAF - Osservatorio Astrofisico di Catania**

Via Santa Sofia, 78 I-95123 Catania, Italy Tel.: +39-095-7332 111 Fax: +39-095-330592

Sede "Mario G.Fracastoro" (Etna) - Tel +39-095-911580 Fax+39-095-916184

[www.oact.inaf.it](http://www.oact.inaf.it) - [oacatania@oact.inaf.it](mailto:oacatania@oact.inaf.it)

## Caratterizzazione della Tile Hamamatsu 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. Timpanaro



Prepared by: Name: **Giuseppe Romeo** Signature:  Date: 22/03/2016

Reviewed by: Name: **Giovanni Bonanno** Signature:  Date: 22/03/2016

Approved by: Name: **Giovanni Bonanno** Signature:  Date: 22/03/2016



## 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. Test di funzionamento e Calibrazione dei nove Sensori di Temperatura DS600 .....</b>	<b>6</b>
<b>3. Caratterizzazione dei 64 SiPM della tile in termini di DCR vs threshold (stairs case) e cross-talk.....</b>	<b>9</b>
3.1.1 Stair-Cases dei 64 pixel sul singolo canale <u>con esclusione degli altri</u>	13
3.1.2 Dipendenza del cross-talk dalla rate di conteggio	22
3.1.3 Stair-Cases di un singolo canale (pixel) <u>in diverse condizioni operative degli altri canali</u>	24
<b>4. CONTACTS.....</b>	<b>27</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>
ASTRI mailing list	<a href="mailto:astri@brera.inaf.it">astri@brera.inaf.it</a>



## LIST OF ACRONYMS

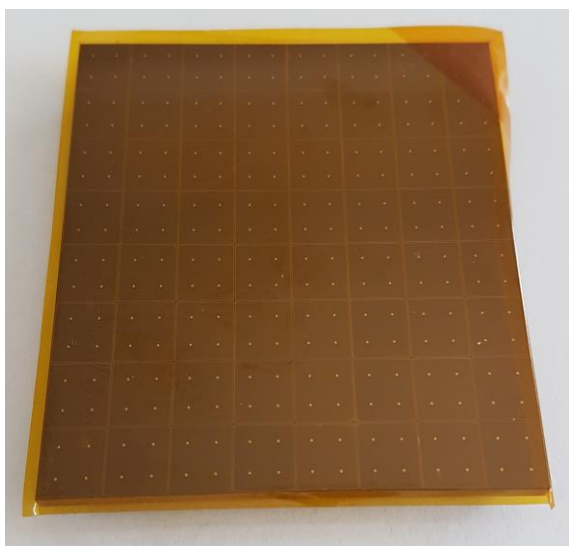
OACT	Osservatorio Astrofisico di Catania
IFC	Istituto di Astrofisica Spaziale e Fisica Cosmica di Palermo
COLD	Catania astrophysical Observatory Laboratory for Detectors
PCB	Printed Circuit Board
SiPM	Silicon Photo-Multiplier
MPPC	Multi Pixel Photon Counter
SST-2M	Small-Size Telescope Dual-Mirror
PDM	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

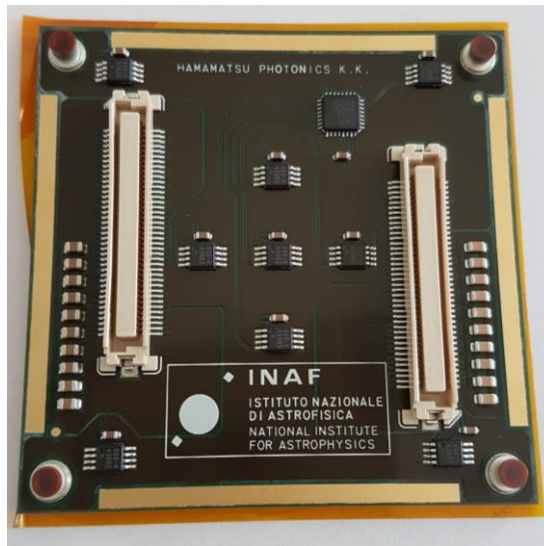
In questo documento vengono riportati i risultati dei test eseguiti sulla nuova SiPM board prodotta da Hamamatsu Photonics su disegno originale fornito dal nostro laboratorio COLD e proveniente dal progetto ASTRI. Questa scheda è equipaggiata con rivelatori di ultima generazione di tipo LCT5 di dimensioni 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 il corretto funzionamento dei nove sensori di temperatura (DS600 della Maxim Integrated) e la corretta risposta di ogni singolo SiPM (pixel) quando viene polarizzato con tensione operativa nominale ( $V_{br} + 3V$ ) opportunamente compensata in temperatura. Inoltre sono state eseguite delle misure a diverse rate di conteggio in condizioni di buio, ottenute semplicemente variando la temperatura di funzionamento. Le temperature di lavoro selezionate per queste misure sono state tre: 14 °C, 20°C e 26°C. La temperatura selezionata viene mantenuta stabile entro 1°C ed in ogni caso, 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. Test di funzionamento e Calibrazione dei nove Sensori di Temperatura DS600

I sensori di temperatura a bordo della tile sono i DS600 della Maxim Integrated.

La prima operazione effettuata è stata quella di verificare la piena compatibilità con i sensori di temperatura presenti nella precedente SiPM board.

Dal datasheet riportato in Figura 3 si nota che l'alimentazione è come quella dei sensori LM-60 e quindi si ha piena compatibilità con l'elettronica di front-end sia ASTRI che di valutazione WEEROC attraverso l'adapter board realizzata nel nostro laboratorio.

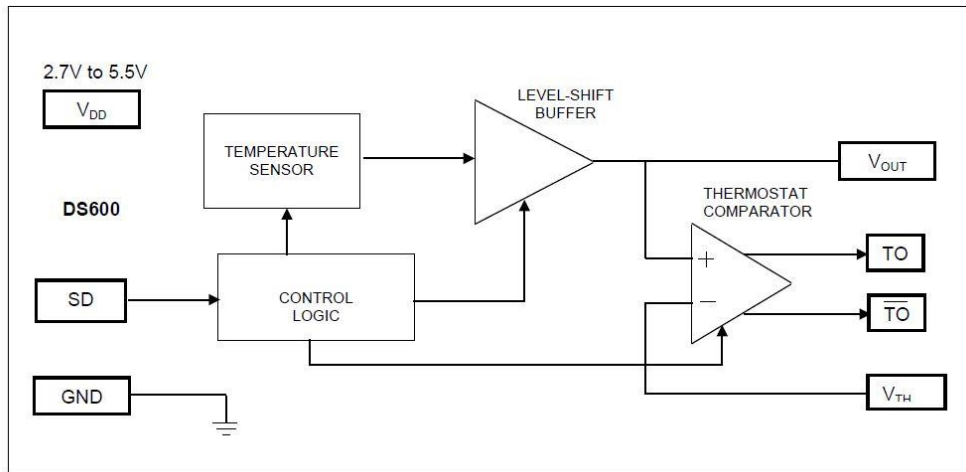
### DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{CC} = 2.7V$  to  $5.5V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+125^{\circ}C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Supply Voltage	$V_{DD}$		2.7		5.5	V
Thermometer Error	$T_{ERR}$	-20°C to +100°C			±0.5	°C
		-40°C to +125°C			±0.75	
Output Gain	$\Delta V/\Delta T$			6.45		mV/°C
$V_{OUT}$ DC Offset	$V_{OS}$	0°C		509		mV
Low-Level Input Voltage (SD)	$V_{IL}$		-0.5		$0.3 \times V_{DD}$	V
High-Level Input Voltage (SD)	$V_{IH}$		$0.7 \times V_{DD}$		$V_{DD} + 0.5$	V
SD Input Capacitance	$C_{SD}$			5		pF
VTH Input Capacitance	$C_{VTH}$			5		pF
Low-Level Output Voltage ( $T_{OL}$ , $T_{OH}$ )	$V_{OL}$	4mA sink current	0		0.4	V
Supply Current	$I_{DD}$				140	μA
Shutdown Current	$I_{SD}$				2.5	μA
Input Current ( $V_{TH}$ )	$I_{TH}$			0.01	1	μA
Input Resistance ( $V_{TH}$ )	$R_{TH}$		5			MΩ
Leakage Current (SD)	$I_L$			0.01	1	μA
External Load Capacitance on $V_{OUT}$	$C_{EL}$				50	pF
$V_{OUT}$ Source Current	$I_{OSO}$		10			μA
$V_{OUT}$ Sink Current	$I_{OSI}$		10			μA
Output Impedance ( $V_{OUT}$ )	$R_{OUT}$				100	Ω
Power-Up Time	$t_{POWERUP}$				10	ms
Nonlinearity					±0.2	°C
Comparator Offset					±3	mV
Comparator Response Time	$t_{COMP}$				20	ms

Figura 3. Datasheet sensore DS600

Sempre dal datasheet (vedi pag. 3), si derivano i parametri della curva caratteristica del sensore che, nell'intervallo di temperature  $-20 \div 100^{\circ}C$ , ha un'accuratezza di  $\pm 0.5^{\circ}C$ .



### TEMPERATURE MEASUREMENT

The DS600 analog temperature sensor measures its own temperature and provides these measurements to the user in the form of an output voltage,  $V_{OUT}$ , that is proportional to degrees centigrade. The output voltage characteristic is factory-calibrated for a typical output gain ( $\Delta V/\Delta T$ ) of  $+6.45\text{mV}/^\circ\text{C}$  and a DC offset ( $V_{OS}$ ) of  $509\text{mV}$ . Its operating temperature range is  $-40^\circ\text{C}$  to  $+125^\circ\text{C}$ , corresponding to an output voltage range of  $251\text{mV}$  to  $1315\text{mV}$ . ( $V_{OUT} = \text{Device Temperature } (^\circ\text{C}) \times \Delta V/\Delta T + V_{OS}$ ). The DS600 has  $\pm 0.5^\circ\text{C}$  accuracy over a  $-20^\circ\text{C}$  to  $+100^\circ\text{C}$  temperature range and over the full  $2.7\text{V}$  to  $5.5\text{V}$  voltage range. Because the output voltage is positive for the entire temperature range, there is no need for a negative supply.

Figure 2 shows the output voltage characteristic for the DS600.

3 of 5

La curva caratteristica ricavata con i parametri descritti è rappresentata nella Figura 4.

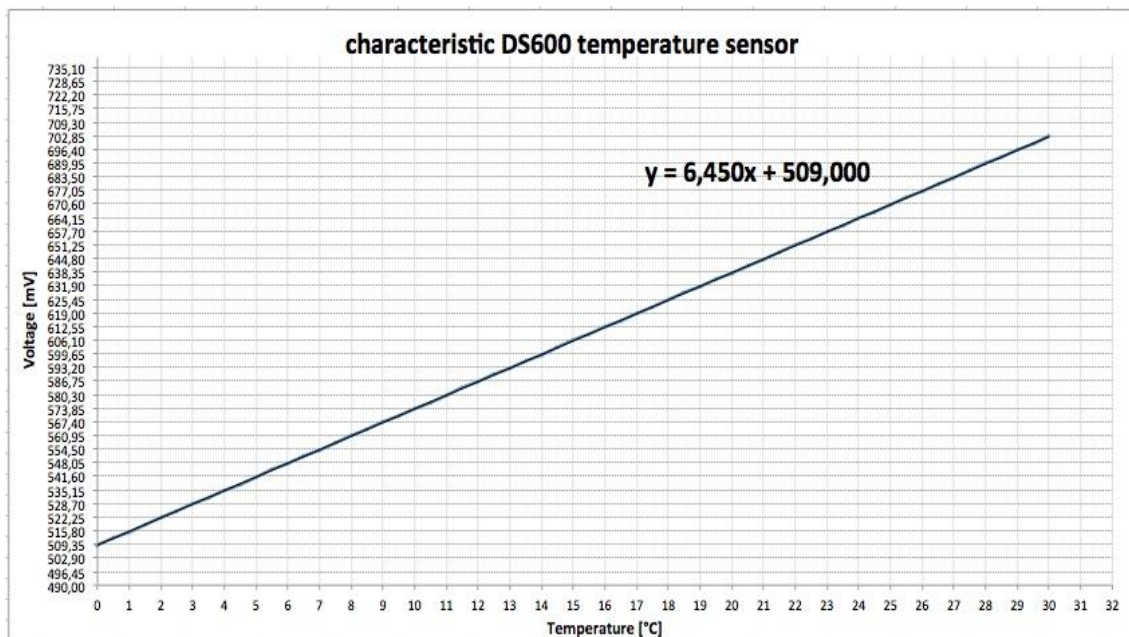


Figura 4. Curva caratteristica sensore DS600



I sensori sono stati alimentati con una tensione operativa di 3.3V, esattamente la stessa utilizzata per i sensori LM-60, in temperatura ambiente. Attraverso il dip switch, presente nella adapter board, sono stati selezionati ad uno ad uno i nove sensori (Figura 5) la cui uscita è stata letta dal multimetro Keithley 2000.

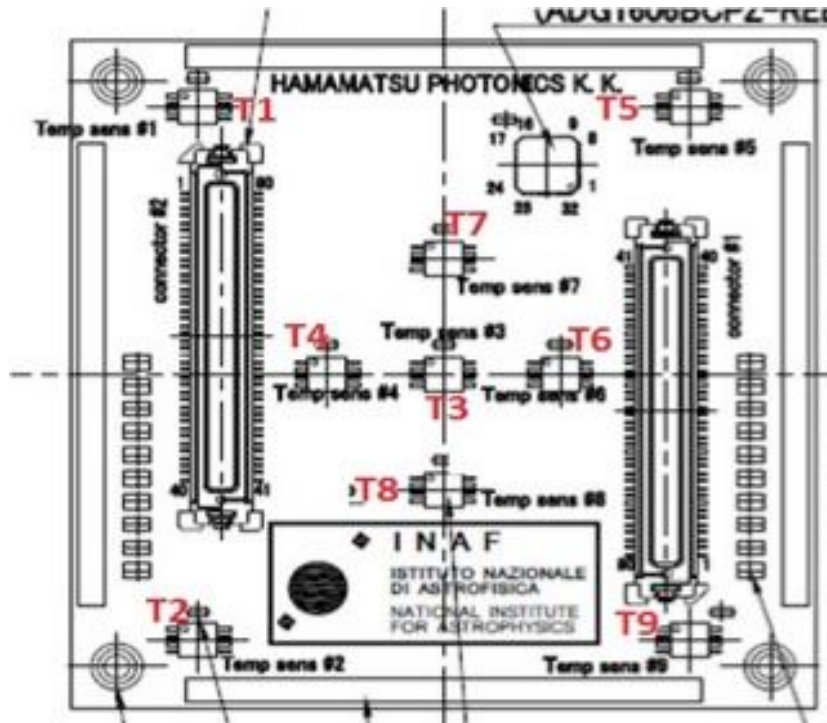


Figura 5. Schema posteriore della SiPM Board con evidenziati in rosso i nove sensori di temperatura (da T1 a T9).

In posizione attigua ai nove DS600, è stato posizionato il calibratore costituito dal sensore Lake Shore DT470.

Le misure sono state eseguite a due temperature ed i risultati sono di seguito riportati:

T1 [1000]		T2 [1011]		T3 [0100]		T4 [0000]		T5 [1001]		T6 [0111]		T7 [0110]		T8 [0010]		T9 [1101]	
DS600	DT470	DS600	DT470	DS600	DT470	DS600	DT470	DS600	DT470	DS600	DT470	DS600	DT470	DS600	DT470	DS600	DT470
20,13	21,44	21,18	21,45	20,77	21,31	20,07	21,3	19,18	21,49	20,11	21,51	21,8	21,26	20,65	21,36	21,41	21,54
23,86	25,15	24,87	25,1	24,58	25,02	23,74	24,94	22,6	24,83	23,51	24,84	25,34	24,98	23,05	23,77	23,41	23,49

Da questa tabella si ricava il valore medio della differenza tra le due temperature rilevate da ogni sensore.

La tabella seguente riporta i valori di calibrazione in °C:

T1 [1000]	T2 [1011]	T3 [0100]	T4 [0000]	T5 [1001]	T6 [0111]	T7 [0110]	T8 [0010]	T9 [1101]
1,30	0,25	0,49	1,22	2,27	1,37	-0,45	0,72	0,10

Inoltre sono state misurate le temperature dei 9 sensori rapidamente (il tempo trascorso tra la misura di T1 e quella di T9 è di circa 100 secondi) ed è stato trovato, applicando la correzione, lo stesso valore di temperatura per tutti. Si deduce che nelle condizioni di setup utilizzato non esiste alcuna differenza tra i sensori e quindi si può procedere alle varie misure utilizzando un qualsiasi sensore dei nove.

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

La Figura 6 mostra i due prospetti della tile affiancati agli schemi di distribuzione dei pixel e dei sensori di temperatura.

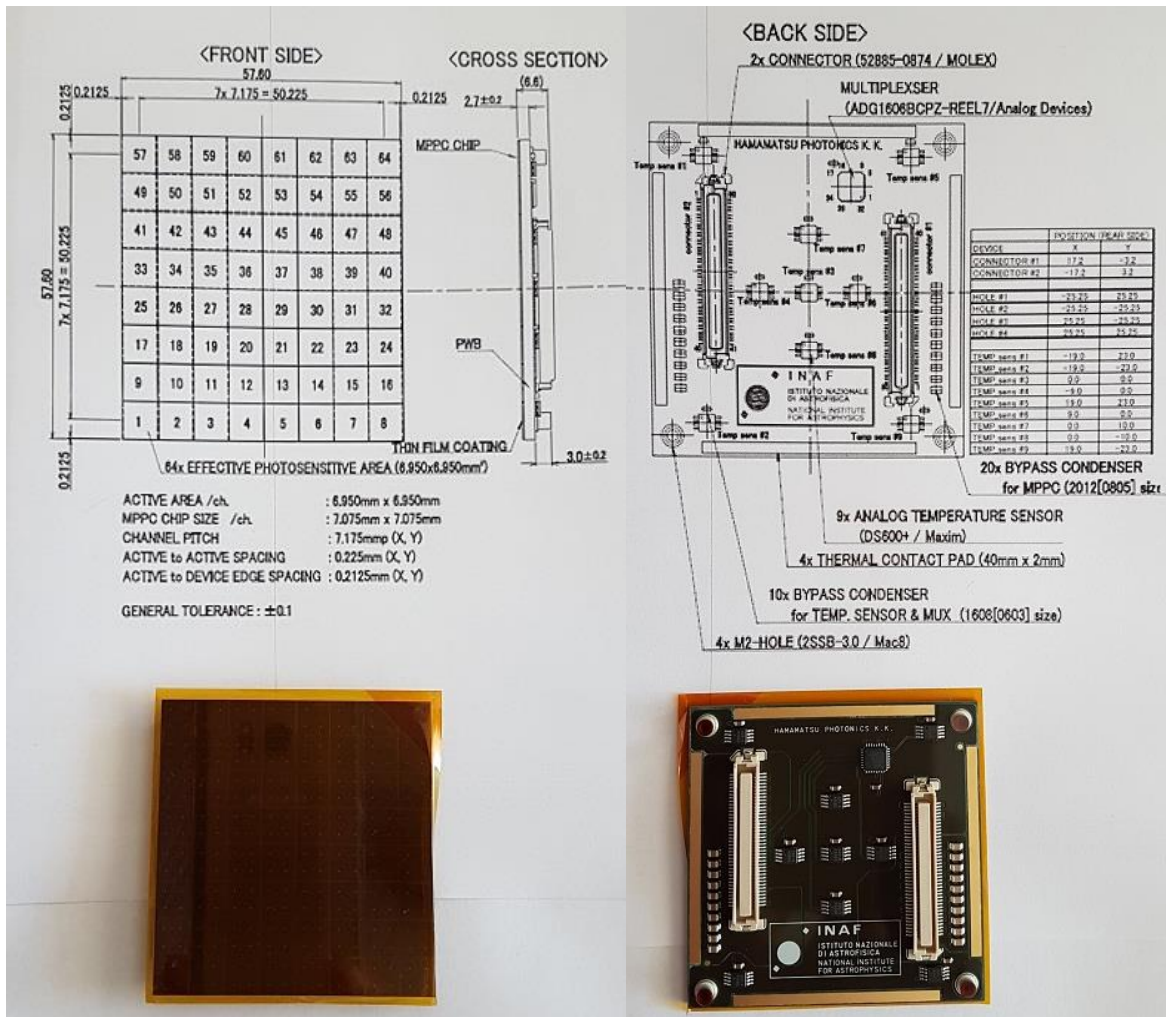


Figura 6. Top e bottom della tile.

Per le misure di dark stairs è stato utilizzato il front-end elettronico basato sulla evaluation board del CITIROC, come da Figura 7.

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 7. 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 8.

Ogni  $V_{op}$  è la somma della breakdown voltage, a  $25^{\circ}\text{C}$ , più un overvoltage di 3V. Dalla tabella di Figura 8 si possono vedere elencate, nella seconda colonna, le coordinate alfanumeriche che individuano i pixel della tile come da Figura 9. 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 10.



Serial No.	Element No.	Element No. (revised)	Vop[V]	dark[uA] @Vop	Serial No.	Element No.	Element No. (revised)	Vop[V]	dark[uA] @Vop
RIGA 1	A8	1	54,45	2,37	RIGA 5	A4	33	54,46	2,46
	B8	2	54,19	2,76		B4	34	54,42	2,69
	C8	3	54,39	2,39		C4	35	54,40	2,64
	D8	4	54,39	2,69		D4	36	54,39	2,37
	E8	5	54,36	2,58		E4	37	54,28	2,64
	F8	6	54,30	2,44		F4	38	54,32	2,70
	G8	7	54,32	2,53		G4	39	54,37	2,88
	H8	8	54,42	2,53		H4	40	54,33	2,76
RIGA 2	A7	9	54,45	1,91	A3	41	54,37	2,45	
	B7	10	54,41	2,59	B3	42	54,41	2,71	
	C7	11	54,44	1,69	C3	43	54,48	1,88	
	D7	12	54,42	2,86	D3	44	54,38	2,48	
	E7	13	54,36	2,84	E3	45	54,33	2,62	
	F7	14	54,36	2,76	F3	46	54,33	2,85	
	G7	15	54,31	1,93	G3	47	54,27	2,97	
	H7	16	54,33	1,95	H3	48	54,32	2,76	
RIGA 3	A6	17	54,37	2,43	A2	49	54,42	1,87	
	B6	18	54,41	2,45	B2	50	54,42	2,48	
	C6	19	54,38	2,11	C2	51	54,43	2,62	
	D6	20	54,40	2,23	D2	52	54,42	1,98	
	E6	21	54,29	2,00	E2	53	54,32	2,64	
	F6	22	54,30	2,74	F2	54	54,14	2,43	
	G6	23	54,33	2,55	G2	55	54,28	2,48	
	H6	24	54,34	2,58	H2	56	54,28	2,77	
RIGA 4	A5	25	54,40	1,90	A1	57	54,30	2,67	
	B5	26	54,45	1,98	B1	58	54,46	2,73	
	C5	27	54,42	2,50	C1	59	54,43	1,83	
	D5	28	54,51	1,76	D1	60	54,39	2,12	
	E5	29	54,35	2,43	E1	61	54,28	2,63	
	F5	30	54,27	2,44	F1	62	54,33	2,59	
	G5	31	54,31	2,92	G1	63	54,28	2,67	
	H5	32	54,29	2,14	H1	64	54,34	2,53	

Figura 8. 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 9. 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 10. Mappa numerica progressiva dei pixel della tile esattamente uguale alla versione delle tile precedenti.



### 3.1.1 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 11.

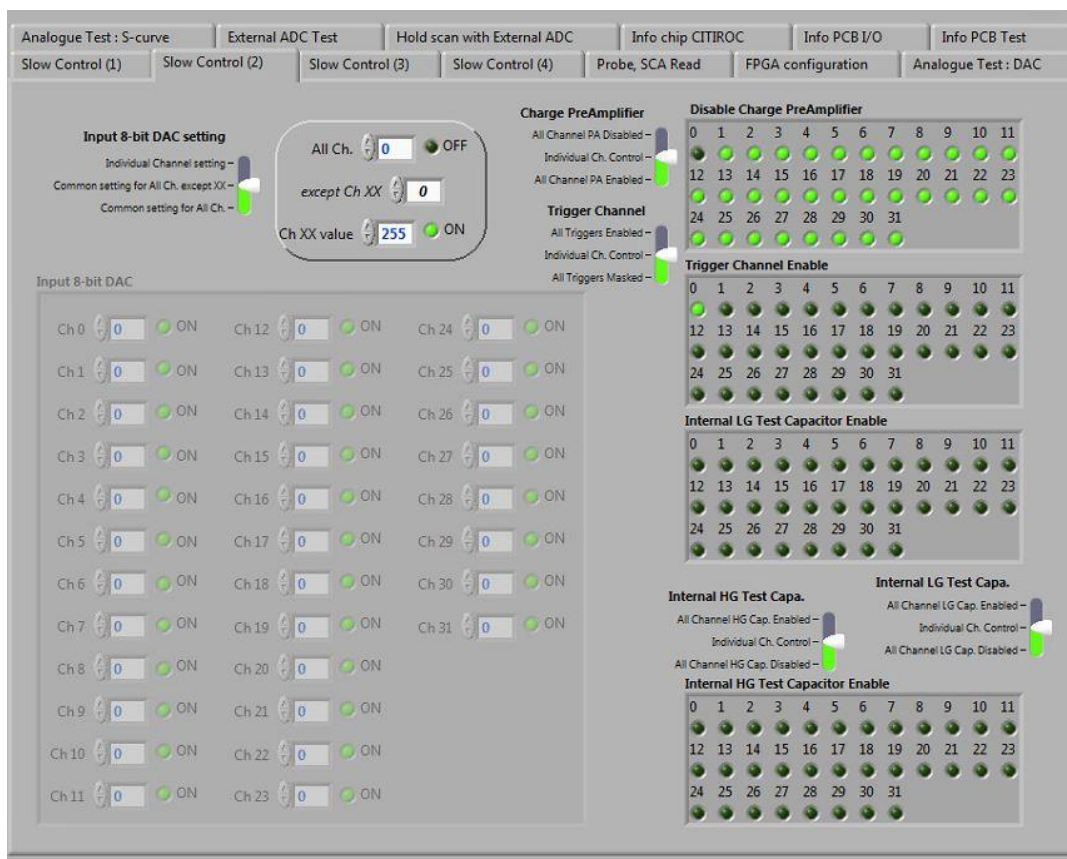


Figura 11. Settaggi dello slow control per il canale 0. Come si nota i “Preamplificatori” e i “Trigger” di tutti gli altri canali sono disabilitati.

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  $14^\circ C \pm 1^\circ C$ .

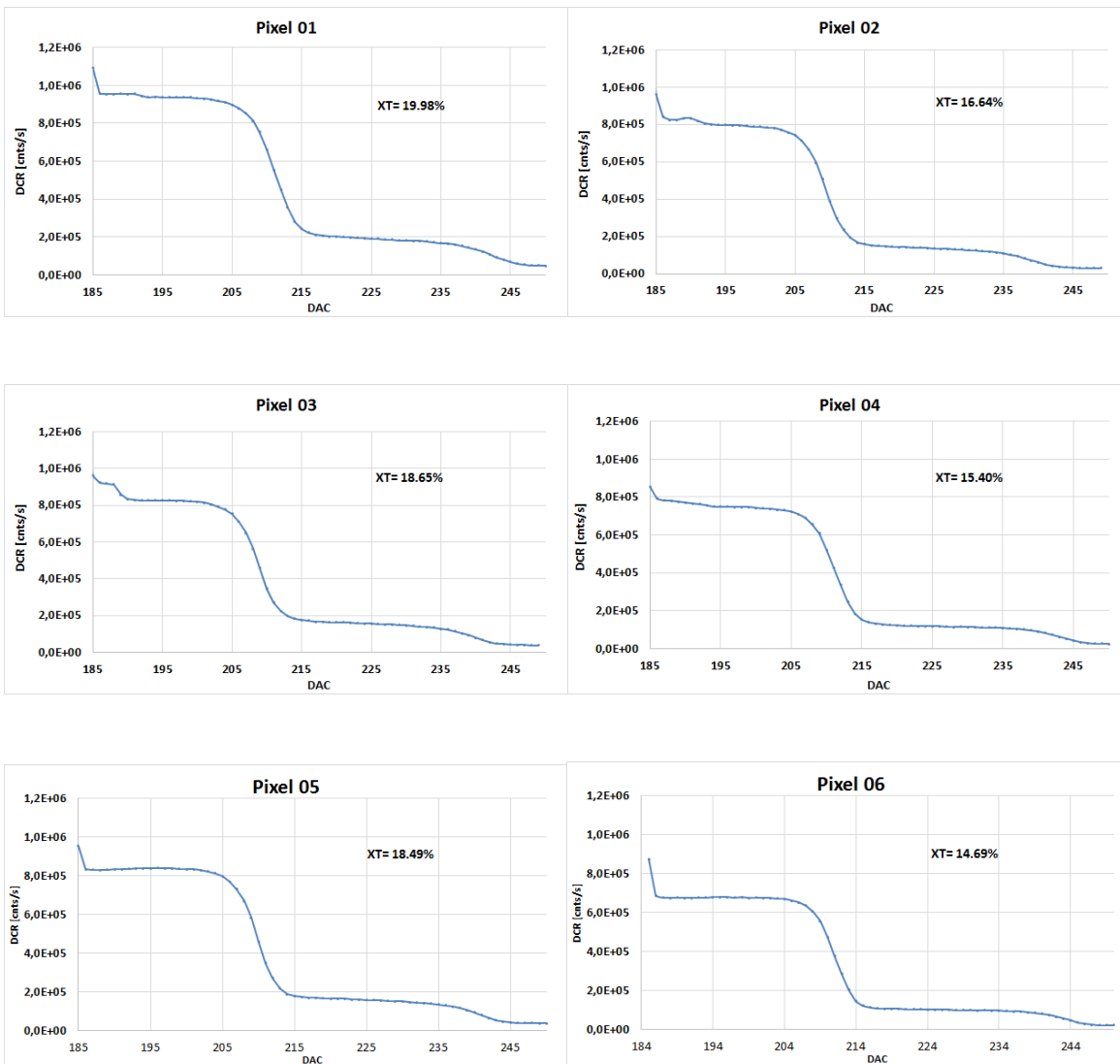


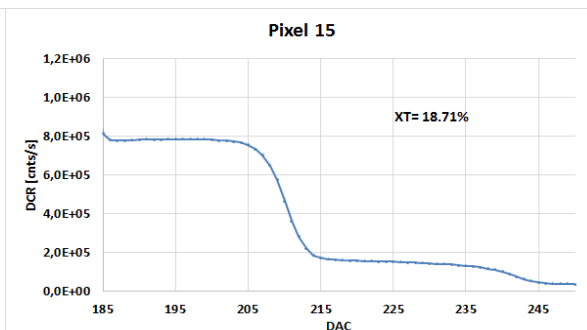
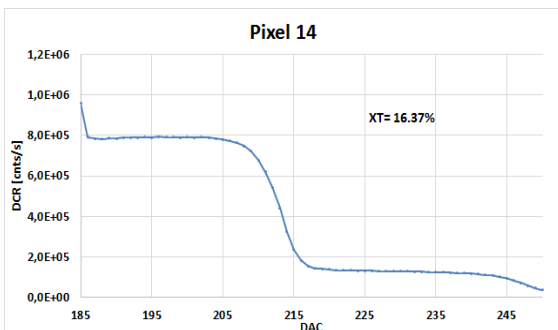
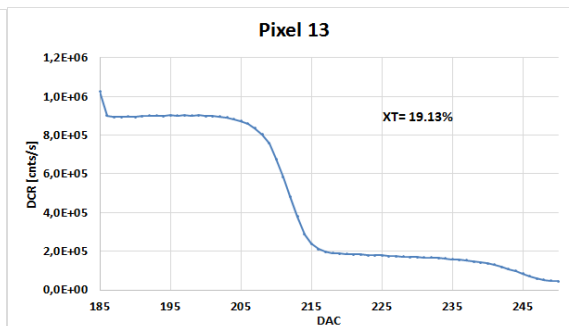
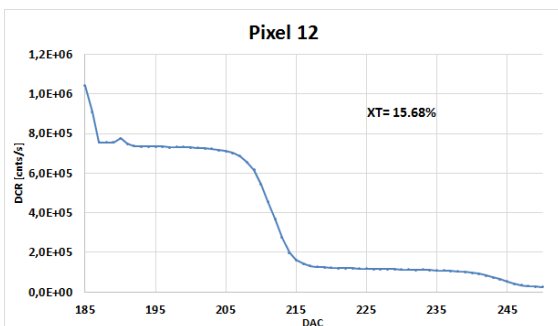
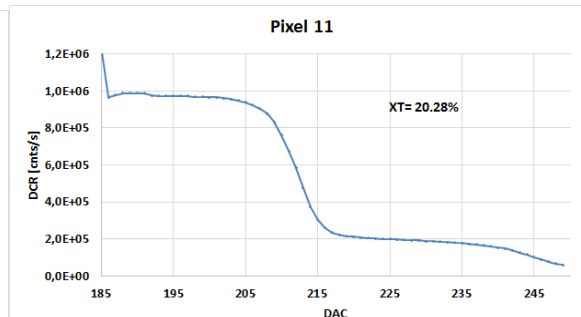
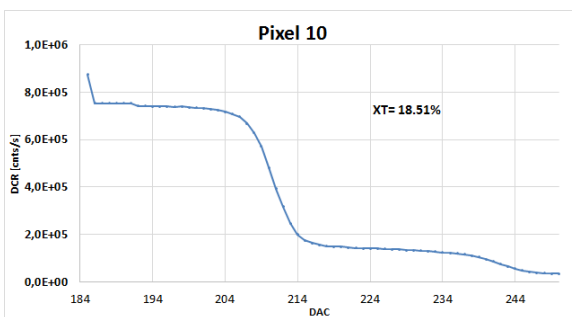
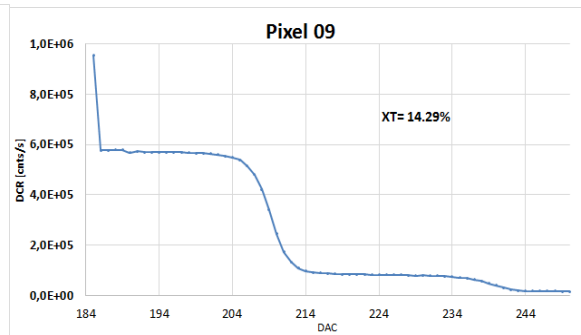
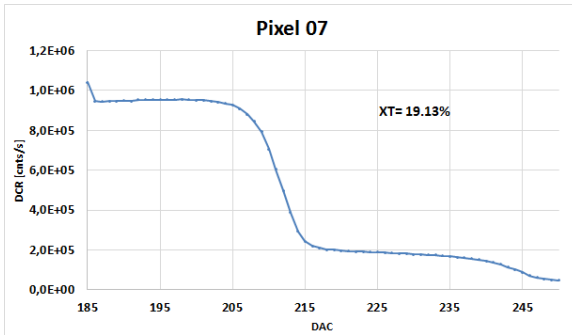
Per ogni plot è riportato il valore di cross-talk ottenuto come rapporto:

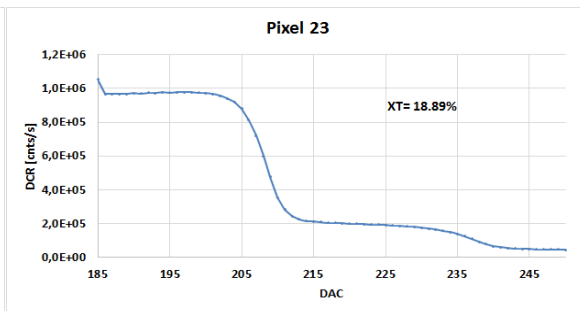
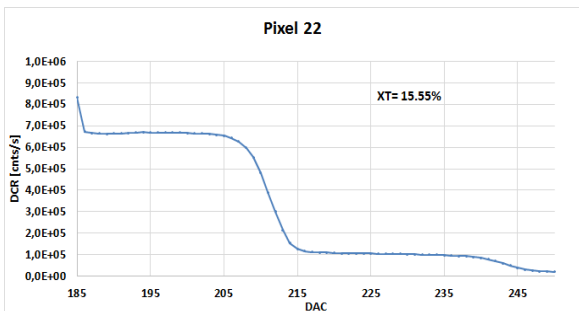
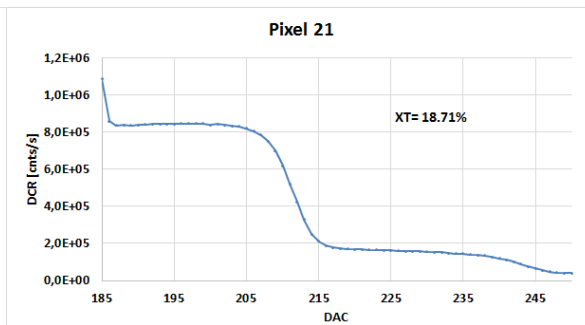
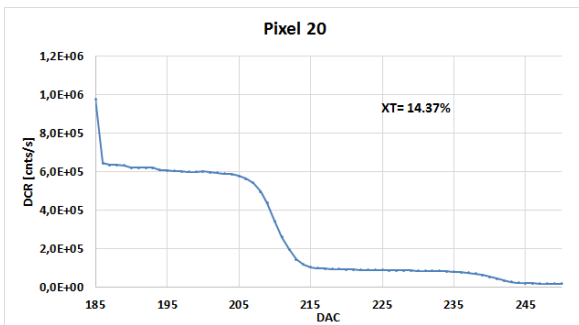
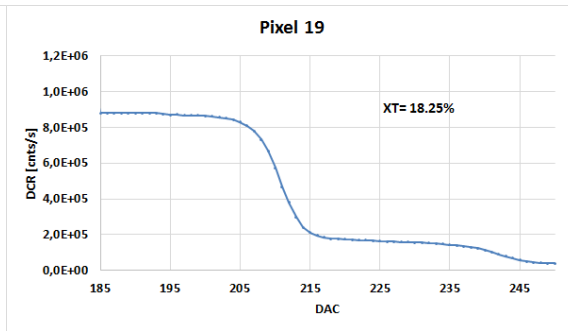
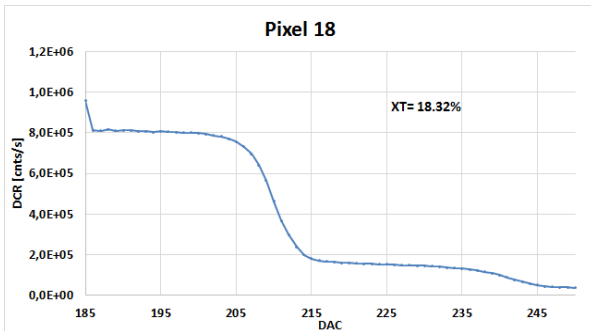
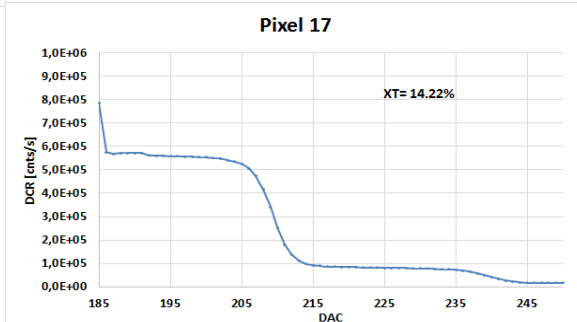
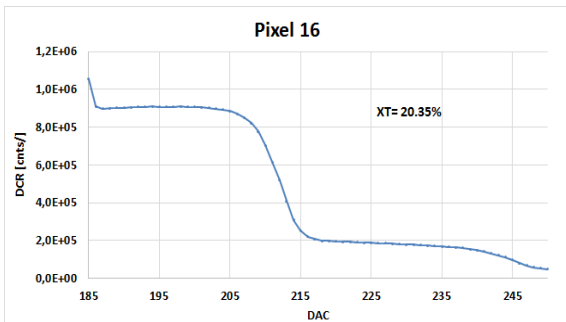
$$\text{DCR@ 1.5pe} / \text{DCR@ 0.5pe}$$

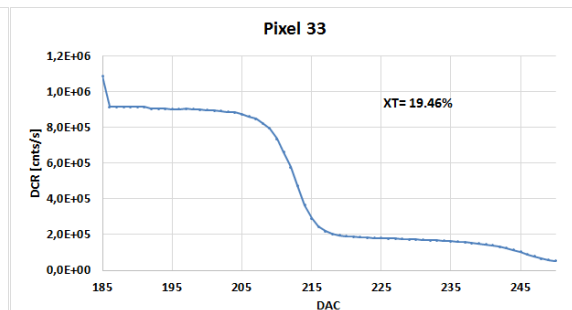
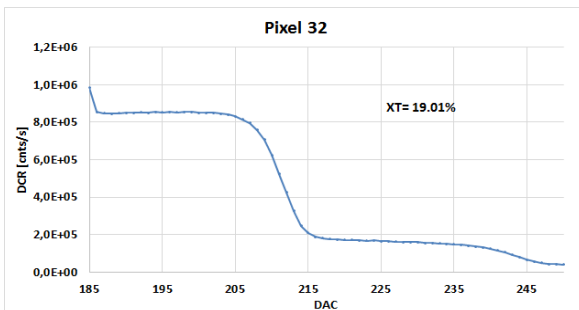
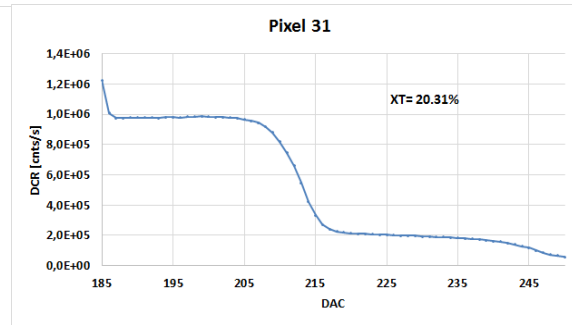
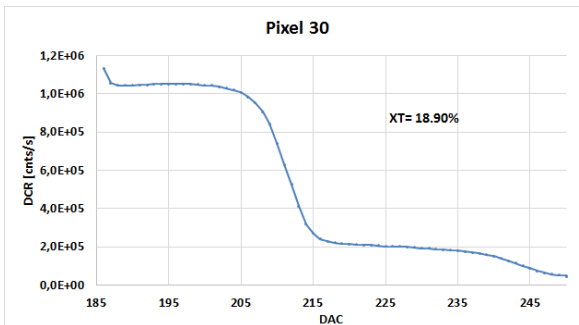
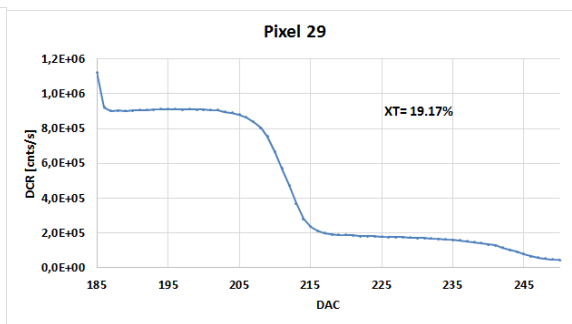
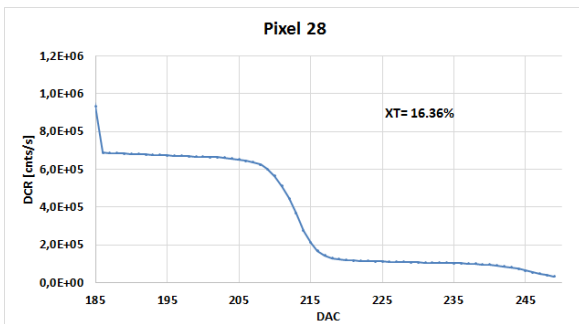
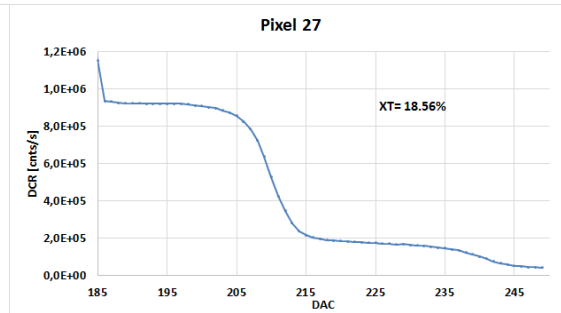
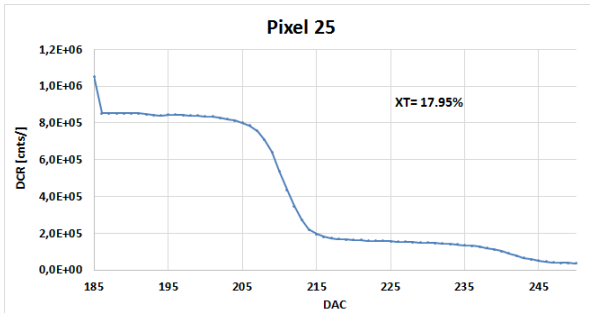
alla temperatura di funzionamento.

I valori tipici di DCR e di cross-talk sono riportati nella tabella riepilogativa di Figura 12

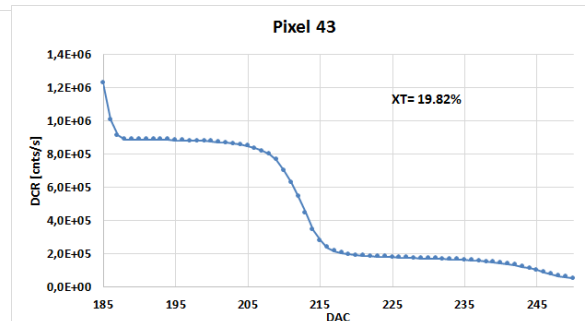
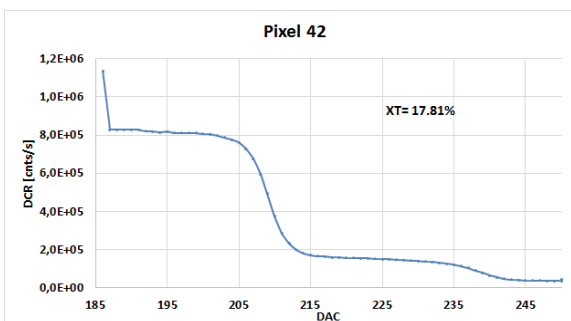
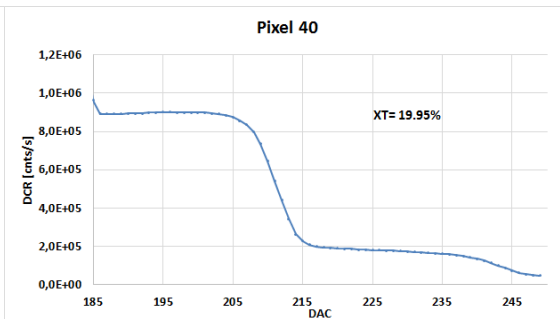
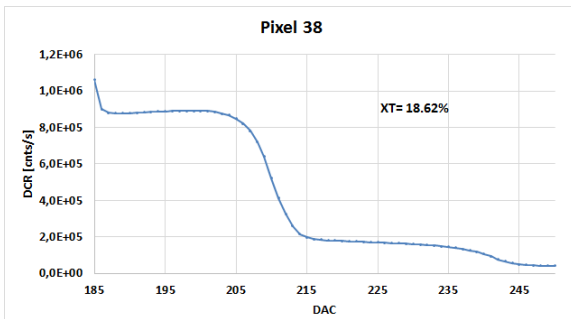
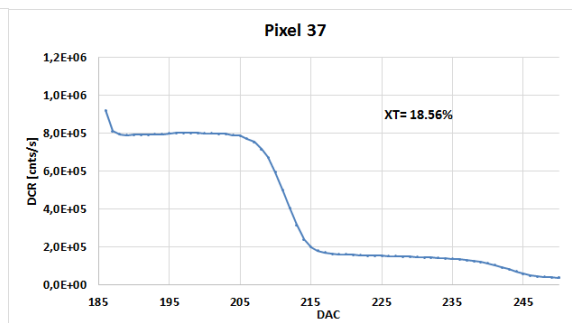
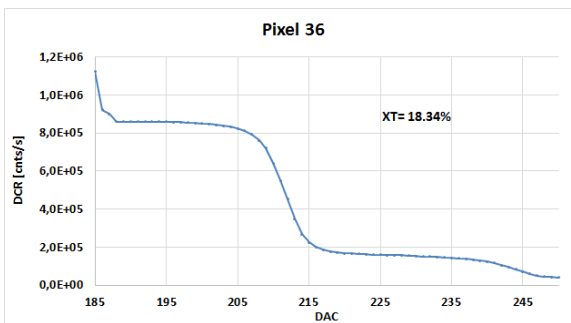
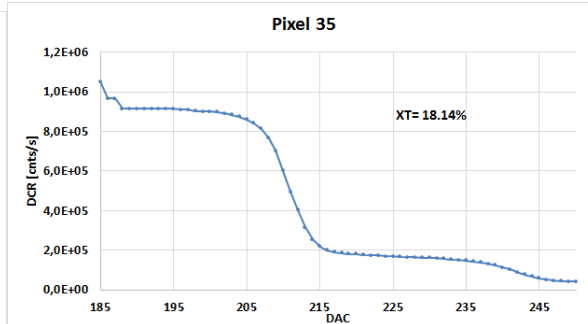
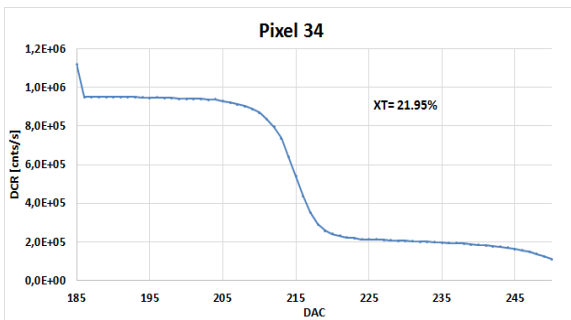


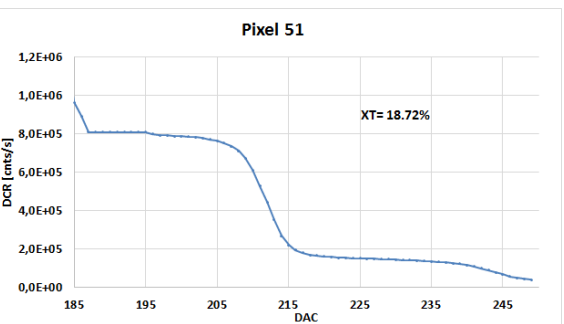
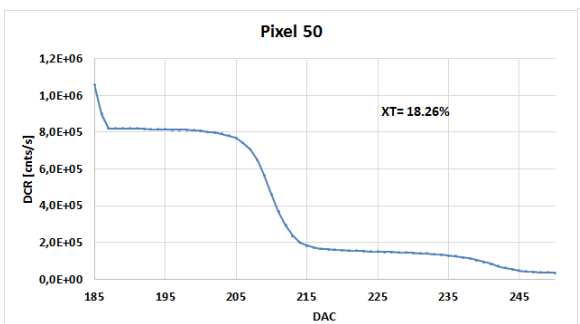
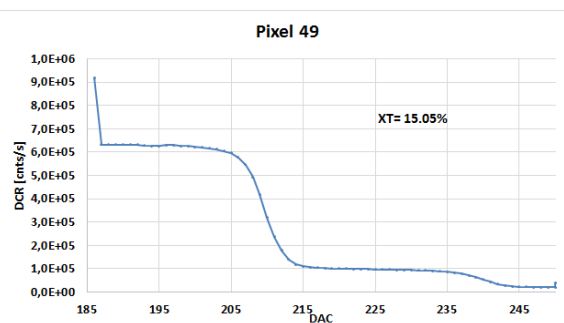
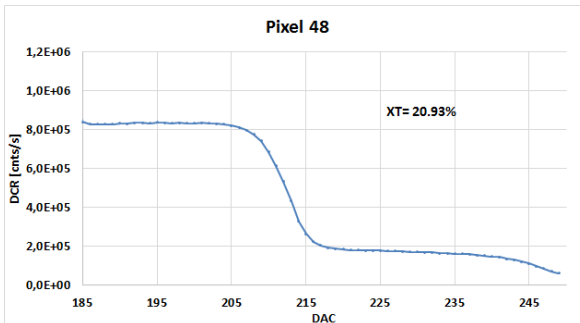
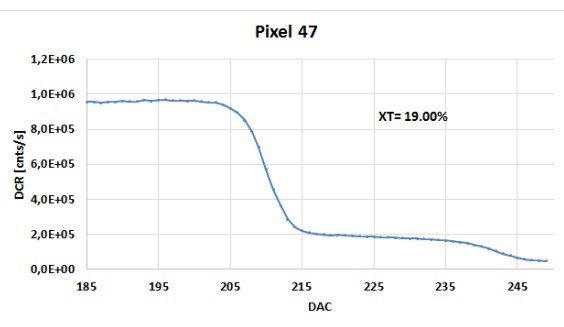
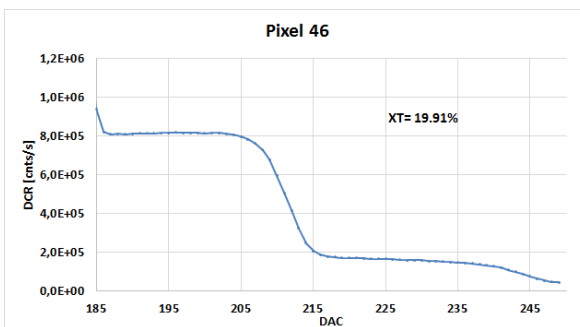
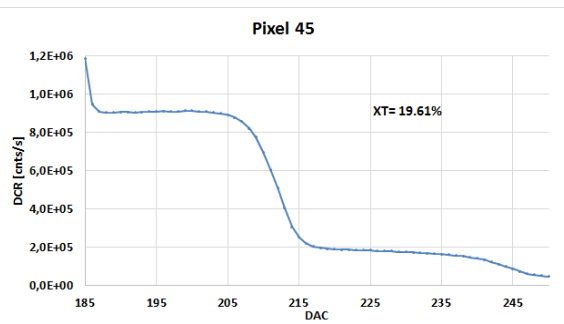
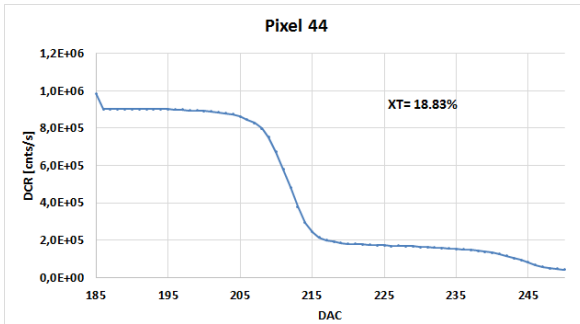


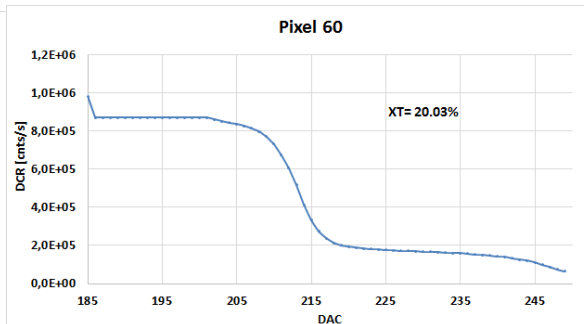
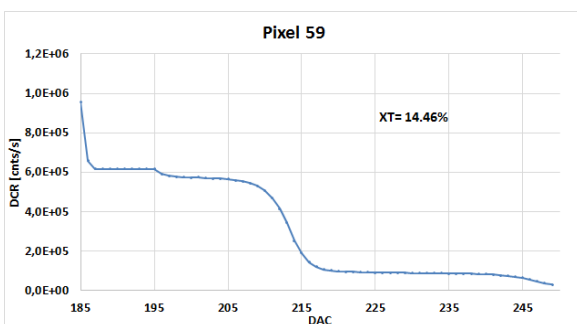
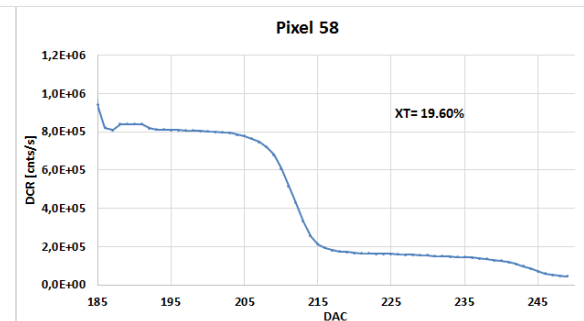
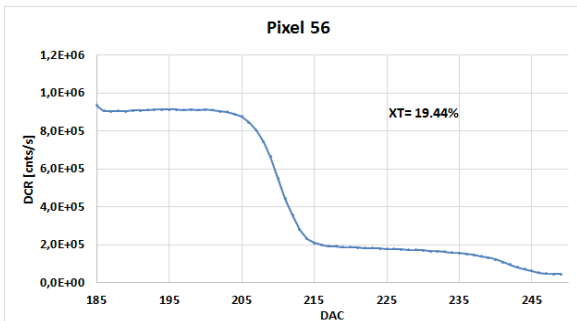
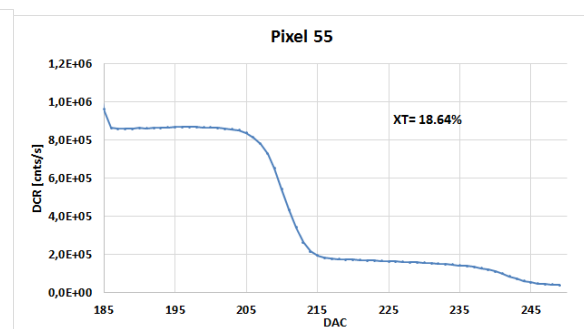
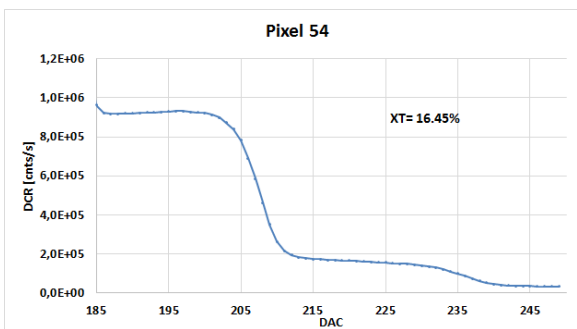
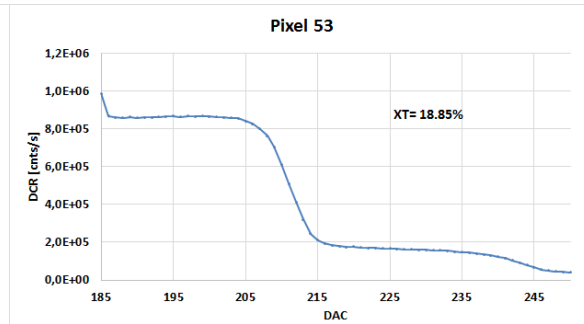
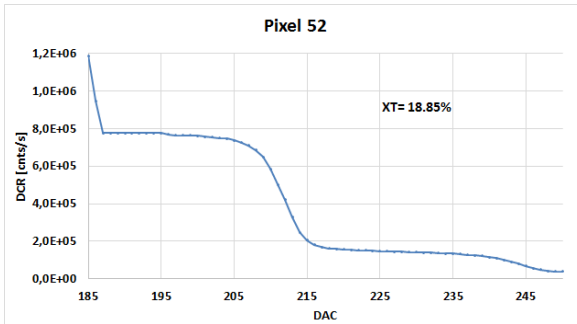


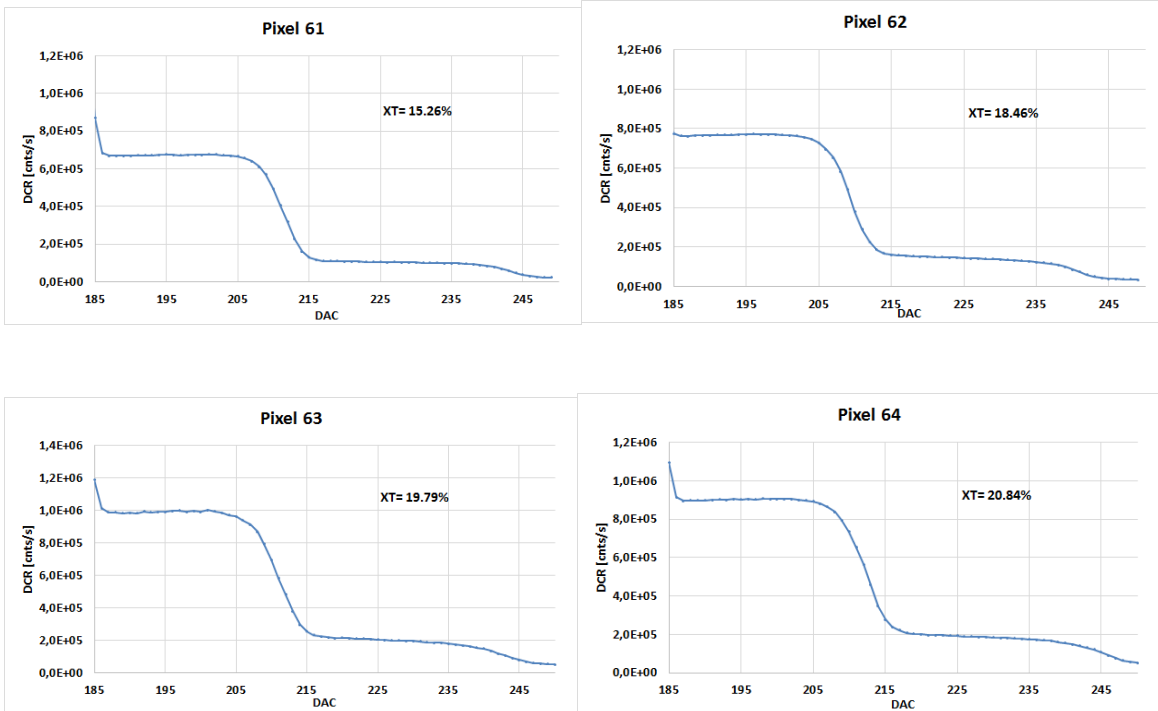












Pixel	DCR [KHz]	XT [%]	Pixel	DCR [KHz]	XT [%]	Pixel	DCR [KHz]	XT [%]	Pixel	DCR [KHz]	XT [%]
1	936	20	17	558	14	33	904	19	49	629	15
2	797	17	18	806	18	34	947	22	50	813	18
3	825	19	19	871	18	35	909	18	51	798	19
4	748	15	20	603	14	36	858	18	52	769	19
5	840	18	21	845	19	37	801	19	53	863	19
6	679	15	22	668	16	38	890	19	54	928	16
7	953	19	23	976	19	39	0	0	55	868	19
8	0	0	24	0	0	40	900	20	56	914	19
9	569	14	25	845	18	41	0	0	57	0	0
10	740	19	26	0	0	42	811	18	58	808	20
11	973	20	27	921	19	43	882	20	59	616	14
12	734	16	28	674	16	44	900	19	60	870	20
13	901	19	29	912	19	45	910	20	61	676	15
14	793	16	30	1051	19	46	816	20	62	771	18
15	783	19	31	979	20	47	967	19	63	996	20
16	908	20	32	855	19	48	839	21	64	905	21

Figura 12. Tabella riepilogativa dei valori di DCR a 0.5pe e XTalk



Come si può notare 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 14% (**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: 13 su 58

Mentre i pixel con **Xtalk  $\geq 20\%$**  sono 13 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  $15^{\circ}\text{C}$ .

### **3.1.2 Dipendenza del cross-talk dalla rate di conteggio**

La dimensione del pixel ( $7 \times 7 \text{ mm}^2$ ), ovvero il numero elevato di micro celle, porta ad un elevato valore di capacità di uscita, e quindi si può presentare il fenomeno di pile-up quando si ha una rate elevata di conteggi, dovuto al più alto recovery time.

Per valutare la dipendenza del cross-talk dalla rate di conteggio, sono state eseguite delle misure di stair-case a diverse temperature ovvero a diverse rate per lo stesso pixel su una selezione di quattro pixel.

Inoltre la elevata rate influenza la misura di Xtalk anche tra pixel e pixel a parità di temperatura:

**A parità di condizioni operative, pixel con più bassa DCR presentano un Xtalk inferiore, rispetto a quelli con DCR più alta.**

Sono stati presi in considerazione i pixel 22, 49, 59 con bassa DCR ed il pixel 31 che presenta una più alta DCR a  $T=14^{\circ}\text{C}$ .

Nella tabella seguente sono riportati i valori di DCR a 0.5pe e i valori di Xtalk derivati alle temperature di funzionamento selezionate.



Pixel	T [°C]	DCR [KHz]	Xtalk
22	14	668	15.6
22	20	1161	17.3
22	26	1925	20.6
49	14	629	15.1
49	20	1093	17.3
49	26	1785	20.4
59	14	616	14.5
59	20	1067	17.7
59	26	1701	20.5
31	14	979	20.3
31	20	1500	23.6
31	26	2180	26.6

Come si vede dalla tabella i pixel con bassa DCR presentano un Xtalk intorno al 15%, mentre il pixel 31 che già ha una DCR più elevata presenta un Xtalk superiore al 20%. All'aumentare della temperatura, ovvero all'aumentare della DCR, il cross-talk aumenta per tutti i pixel.

Nella Figura 13 è riportato il grafico del cross-talk in funzione dei conteggi per i quattro pixel.

Nel plot si nota come il pixel 31 ha una DCR di 979 KCnts/s già a temperatura di 14°C, e mostra un Xtalk maggiore degli altri pixel.

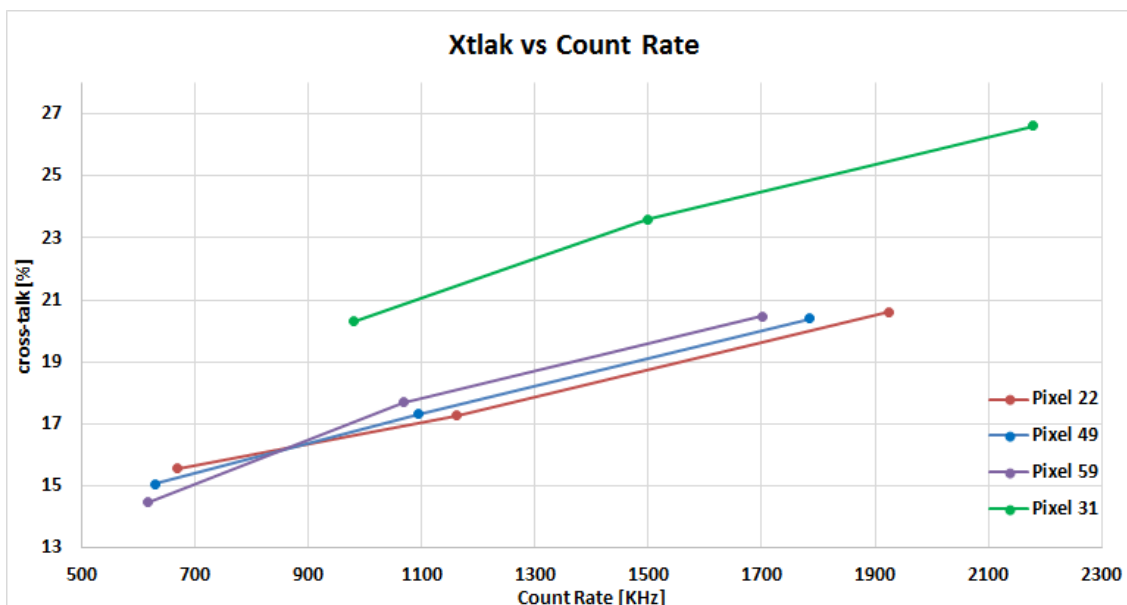


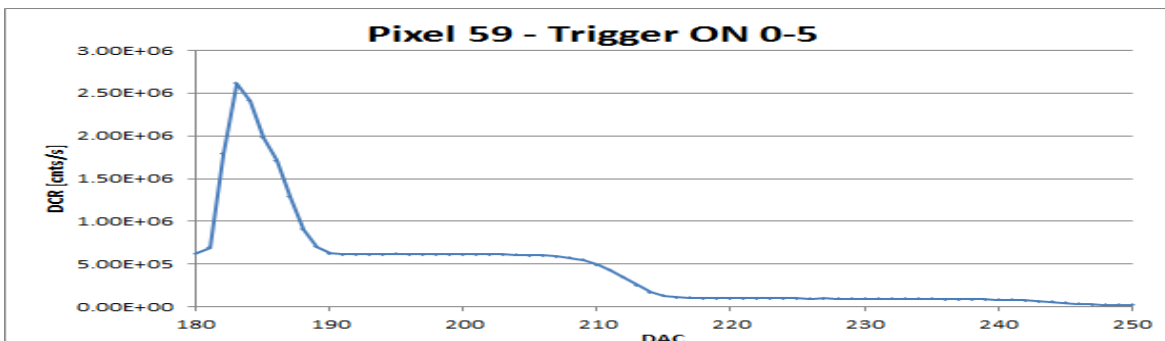
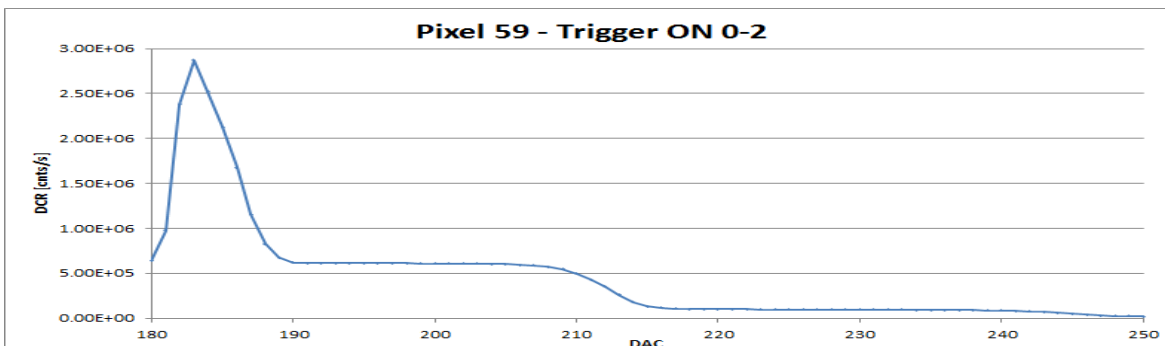
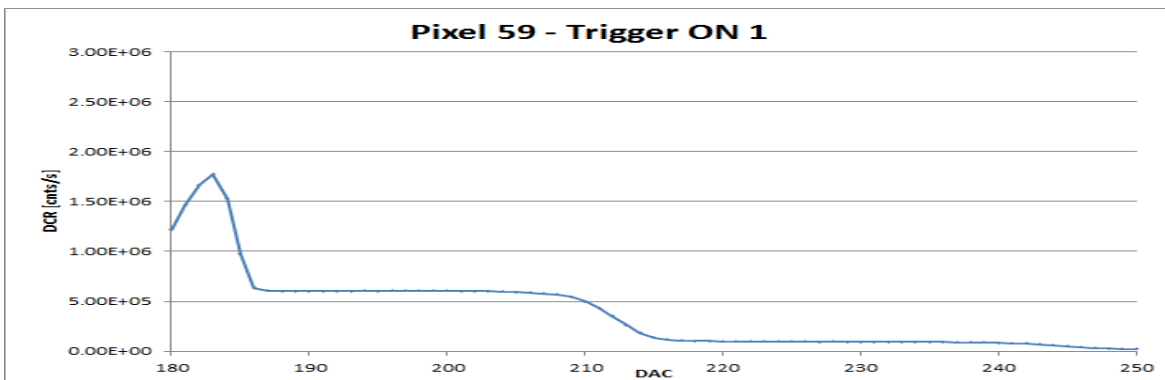
Figura 13. Cross-Talk vs Count Rate al variare della temperatura

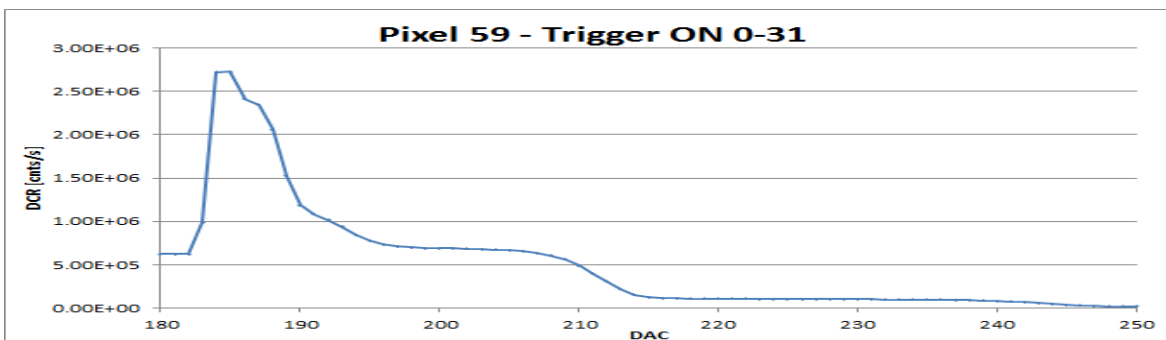
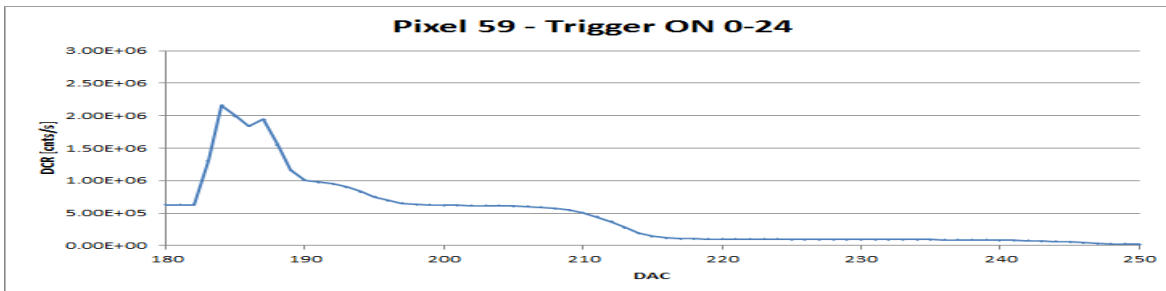
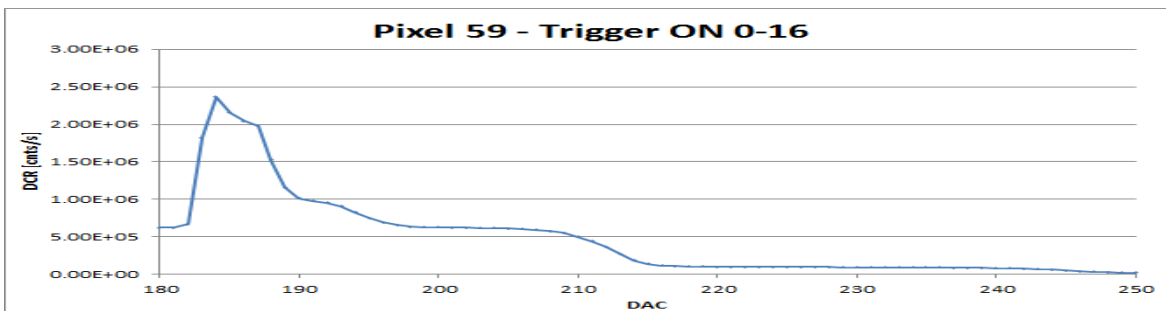
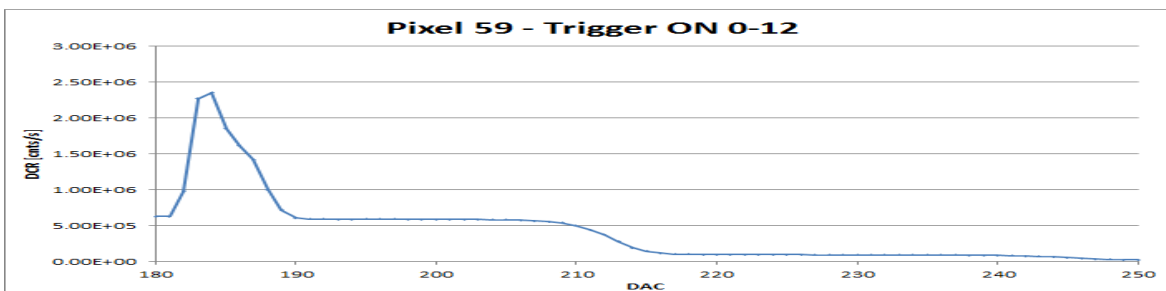
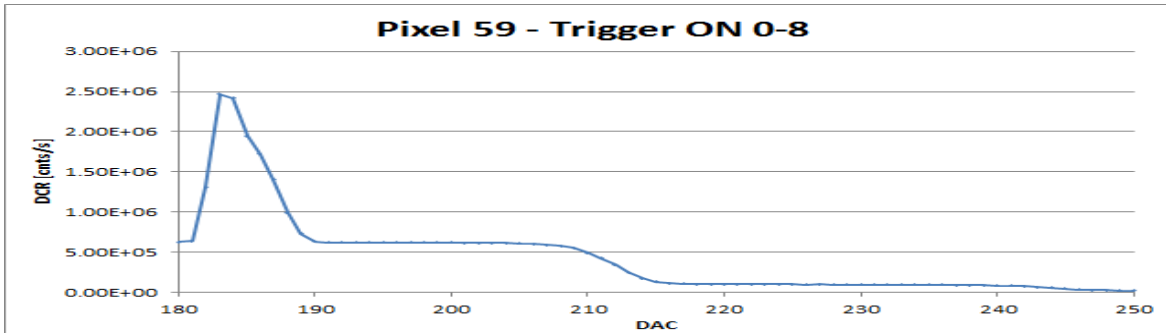
### 3.1.3 Stair-Cases di un singolo canale (pixel) in diverse condizioni operative degli altri canali

Dopo diversi test, con diverse configurazione dei preamplificatori dei vari canali, si è concluso che lo stato di lavoro di questi non influenza il segnale di uscita.

Quindi le misure di stairs sono state valutate indifferentemente dallo stato di abilitazione dei pre-amplificatori. I plot seguenti mostrano come la misura di stairs relativa al pixel 59 (scelto a caso) sia affetta da rumore via via che si abilitano i trigger. Le condizioni operative sono riportate nel titolo di ciascun grafico.

Come si può notare l'andamento della stair peggiora man mano che si abilitano più trigger.







**ASTRI - Astrofisica con Specchi a  
Tecnologia Replicante Italiana**



Code: ASTRI-TR-OACT-3200-026

Issue: 1

DATE **22/03/2016**

Page: 26

*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*



## 4. 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
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