



Consiglio Nazionale delle Ricerche

***Progetto di un illuminatore stroboscopico a luce infrarossa***

*Luciano Azzarelli, Graziano Bertini, Edoardo Bozzi,  
Massimo Chimenti e Carlo Alberto Giorgi*

B4-13  
set-1997

S.T.A.R.  
Servizio Tecnografico Area di Ricerca del CNR - Pisa  
febbraio'98 38,20

# Progetto di un illuminatore stroboscopico a luce infrarossa

*Luciano Azzarelli, Graziano Bertini, Edoardo Bozzi,  
Massimo Chimenti, Carlo Alberto Giorgi*

Istituto di Elaborazione della Informazione

1. Introduzione	3
2. Diodi emettitori	3
2.1 Impulso luminoso	3
2.2 Illuminamento	6
3. Descrizione del sistema di ripresa	11
3.1 Telecamera	12
3.2 Unità di controllo (Strobo control unit)	14
3.3 Illuminatore IR (IR flash unit)	15
4. Verifiche sperimentali	17
4.1 Misure elettriche	17
4.2 Misure fotometriche	22
Appendice	27

## 1. Introduzione

Nelle riprese televisive, per ottenere immagini sufficientemente ferme di oggetti in movimento è necessario ridurre il tempo di esposizione della telecamera, che normalmente è eguale alla durata di un semiquadro (20 ms); se la velocità dell'oggetto ripreso è elevata, si può migliorare ulteriormente la qualità delle immagini impiegando un illuminatore stroboscopico, vale a dire una sorgente luminosa che emette impulsi controllati sia in ampiezza che in durata.

Nell'ambito di ricerche che comportano l'acquisizione di sequenze temporali di immagini, è stato realizzato un illuminatore stroboscopico sincronizzato con la telecamera di ripresa. L'illuminatore è costituito da una sorgente estesa a infrarossi: con questa soluzione, montando eventualmente appositi filtri colorati sull'obiettivo della telecamera, si possono acquisire immagini senza risentire dell'illuminamento dell'ambiente in cui vengono effettuate le riprese. L'illuminatore è pilotato da un'unità di controllo, che fa uso del segnale di sincronismo di quadro prodotto da una telecamera di area; l'illuminatore, l'unità di controllo e la telecamera costituiscono un sistema per la ripresa stroboscopica di sequenze di immagini.

## 2. Diodi emettitori

I requisiti e le condizioni di ripresa delle immagini consentono l'impiego di diodi emettitori di luce (LED) come sorgente per l'illuminamento della scena; poiché non è necessaria l'acquisizione di immagini a colori, si possono impiegare LED che emettono in una banda stretta nell'infrarosso vicino.

### 2.1 Impulso luminoso

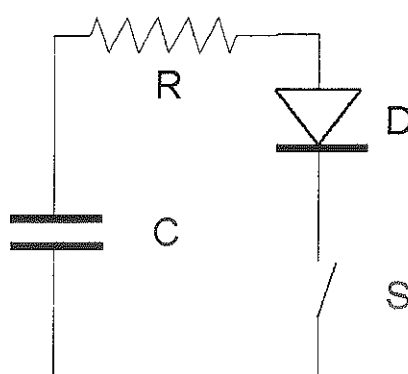


Figura 1. Controllo del LED per l'emissione di impulsi luminosi

Sono disponibili sul mercato differenti tipi di LED in grado di condurre per tempi brevi elevati valori di corrente: con questi dispositivi si possono quindi ottenere impulsi luminosi di notevole intensità. Poiché l'intervallo di accensione del LED è breve, l'impulso luminoso può essere ottenuto mediante la scarica di un condensatore (v. figura 1).

Se il condensatore è carico alla tensione  $V_c$ , alla chiusura dell'interruttore S la corrente iniziale attraverso il diodo è data da:

$$I = \frac{V_c - V_d}{R} \quad (1)$$

Nel tempo di emissione dell'impulso  $t_e$  il condensatore si scarica in modo esponenziale con la costante di tempo  $RC$ ; se  $t_e \ll RC$ , la scarica può essere considerata di tipo lineare e la variazione di tensione ai capi del condensatore durante l'emissione dell'impulso vale:

$$\Delta V = V_c \times \frac{t_e}{RC} \quad (2)$$

In modo analogo la variazione di corrente nel circuito è approssimata da:

$$\Delta I = \frac{V_c}{R} \times \frac{t_e}{RC} \quad (3)$$

Il condensatore  $C$  può essere inserito nel circuito mostrato in figura 2, in modo da essere ricaricato durante il tempo di spegnimento del LED.

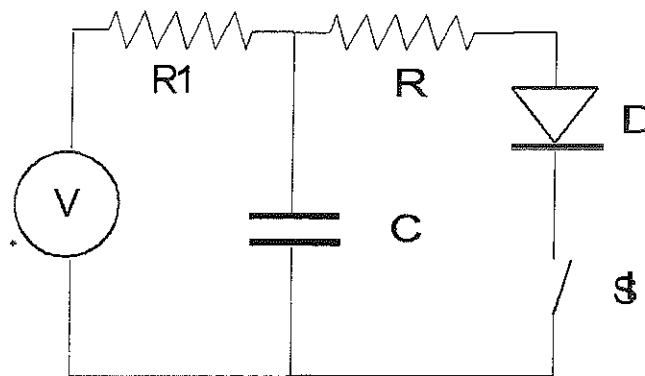


Figura 2. Circuito di carica e scarica del condensatore

In prima approssimazione, eguagliando la carica e la scarica di  $C$  si ottiene:

$$I_1 \times t_s = I \times t_e \quad (4)$$

dove  $I_1$  è la corrente di carica nel tempo di carica  $t_s$ , supposta costante; si ha:

$$I_1 = I \times \frac{t_e}{t_s} \quad (5)$$

Indicando con  $T$  il periodo di ripetizione degli impulsi, si ottiene il rapporto  $D$  tra tempo di accensione del diodo e periodo di ripetizione (duty cycle):

$$D = \frac{t_e}{T} \quad (6)$$

con  $T = t_e + t_s \approx t_s$ , se  $t_e \ll t_s$ ; in questo caso si ha:

$$D = \frac{t_e}{t_s} \quad (7)$$

e l'eq. 5 diventa:

$$I_1 = I \times D \quad (8)$$

Poiché la ripresa di immagini è fatta mediante una telecamera con standard CCIR, il periodo di ripetizione degli impulsi è eguale al periodo di semiquadro:

$$T = 20 \text{ ms} \quad (9)$$

Il tempo di accensione del LED, che determina il tempo di esposizione del sensore della telecamera, può essere determinato in funzione della velocità dell'oggetto da riprendere; si ha:

$$t_e \leq k \frac{r}{v} \quad (10)$$

dove  $r$  è la dimensione del pixel, che determina la risoluzione dell'immagine,  $v$  è la velocità dell'oggetto e  $k$  è una costante che determina la percentuale di blurring dell'immagine. Ponendo, ad esempio:

$$\begin{aligned} k &= 0.5 \\ r &\cong 100 \mu\text{m} \\ v &\cong 1 \text{ m/s} \end{aligned}$$

si ha:

$$t_e \cong 50 \mu\text{s} \quad (11)$$

Il duty cycle coi suddetti valori è dato da:

$$D \cong 2.5 \cdot 10^{-3} \quad (12)$$

È stato utilizzato il diodo Siemens SFH 484-II; con questo dispositivo, al valore di duty cycle determinato dall'espressione 12 e col valore  $t_e$  indicato nell'espressione 11 si può avere una corrente impulsiva  $I \cong 2\text{A}$ , con una caduta di tensione  $V_d \cong 5\text{V}$ . La potenza elettrica nominale durante l'impulso, assumendo che la corrente nel diodo e la tensione ai suoi capi siano costanti, vale dunque  $W \cong 10\text{W}$ ; la potenza media risulta  $W_m \cong 25 \text{ mW}$ . La corrente di carica risulta  $I_1 \cong 2 \text{ A} \times 2.5 \cdot 10^{-3} \cong 5 \text{ mA}$

Per realizzare una sorgente di illuminamento estesa si devono impiegare più diodi. In questo caso, è conveniente collegare in serie un certo numero di LED, utilizzando per la carica del condensatore delle tensioni di alimentazione opportune. Ad esempio, collegando 10 LED in serie, con la corrente impulsiva di  $\cong 1 \text{ A}$  e con una caduta di  $\cong 3.8 \text{ V}$  per diodo, si ha una caduta complessiva di  $\cong 40 \text{ V}$ . Usando un condensatore  $C \cong 100 \mu\text{F}$  e una resistenza di caduta  $R \cong 10 \Omega$ , si ha la costante di tempo  $RC \cong 1 \text{ ms} \gg t_e$ ; la tensione di carica del condensatore vale circa  $50 \text{ V}$ . Usando un alimentatore che fornisce una tensione di circa  $70 \text{ V}$  e una resistenza  $R_1 \cong 150 \Omega$ , la corrente di carica di  $C$  vale  $I_1 \cong 130 \text{ mA}$ .

## 2.2 Illuminamento

I LED presi in esame sono assimilabili a sorgenti puntiformi con intensità di emissione  $I_e$  dipendente dalla direzione (v. figura 3): l'energia emessa all'interno di un angolo solido  $d\omega$  è massima nella direzione individuata dall'asse del diodo, è simmetrica per rotazioni intorno all'asse e diminuisce all'aumentare dell'angolo formato rispetto all'asse. Di conseguenza, l'illuminamento prodotto dal LED su un piano non è uniforme e varia in funzione delle coordinate sul piano.

Per stimare l'illuminamento si può considerare una retta  $x$  sul piano, a distanza  $r$  dalla sorgente  $S$  (v. figura 3).

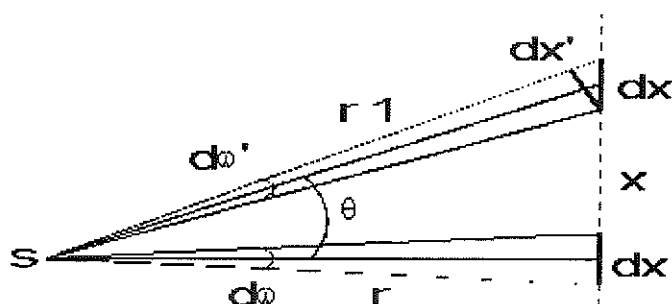


Figura 3. Rappresentazione geometrica usata per determinare l'illuminamento prodotto da una sorgente puntiforme.

Si consideri una sorgente puntiforme  $S$ , definita da  $I_e = \text{costante}$ ; l'illuminamento prodotto da  $S$  sull'area elementare  $dA \approx dx^2$  generata dal diametro  $dx$  è dato da:

$$W(0) = I_e \times d\omega \quad (13)$$

dove  $d\omega = dA/r^2$ . L'illuminamento prodotto sulla stessa area elementare traslata sull'asse  $x$  è dato da:

$$W(\theta) = I_e \times d\omega' \quad (14)$$

dove  $d\omega' = dA'/r_1^2$ . Poiché:

$$dA' = dA \cos^2\theta \quad (15)$$

$$r_1 = r/\cos\theta \quad (16)$$

si ha:

$$W(\theta) = W(0) \times \cos^4\theta \quad (17)$$

L'intensità dell'illuminamento sull'asse  $x$  decresce dunque in funzione dell'angolo  $\theta$ ; se la sorgente  $S$  ha una caratteristica di emissione dipendente da  $\theta$ , l'illuminamento su  $x$  è dato da:

$$W(\theta) = I(\theta) \times \cos^4\theta \quad (18)$$

La figura 4 mostra un esempio di tale comportamento. Il grafico riporta la curva  $F_1$  ottenuta calcolando i valori della funzione  $\cos^4\theta$ , la curva  $F_2$  ottenuta interpolando i dati ricavati dalla curva caratteristica di emissione radiale del diodo Siemens

SFH484-2 e la curva  $F_3$  ottenuta dal prodotto delle due precedenti; l'asse orizzontale è quotato in gradi.

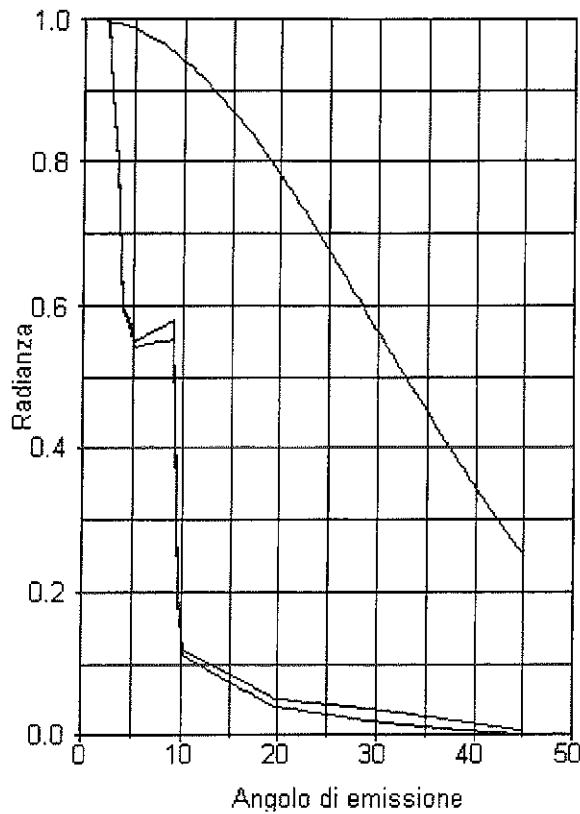


Figura 4. Simulazione dell'illuminamento prodotto da una sorgente non uniforme in funzione dell'angolo  $\theta$

Esprimendo la coordinata  $x$  sul piano in funzione dell'angolo  $\theta$  si ha:

$$\frac{x}{r} = \tan(\theta) \quad (19)$$

$$\theta = \text{atan}\left(\frac{x}{r}\right) \quad (20)$$

e quindi si ottiene:

$$W \times \text{atan}\left(\frac{x}{r}\right) = I \times \text{atan}\left(\frac{x}{r}\right) \times \frac{dA}{r^2} \times \cos^4\left(\text{atan}\left(\frac{x}{r}\right)\right) \quad (21)$$

Il grafico di figura 5 riporta la curva di emissione  $F_3$  rispetto alla variabile  $\text{atan}\left(\frac{x}{r}\right)$ ; i valori del grafico sono normalizzati e non tengono conto della costante moltiplicativa  $\frac{dA}{r^2}$ .



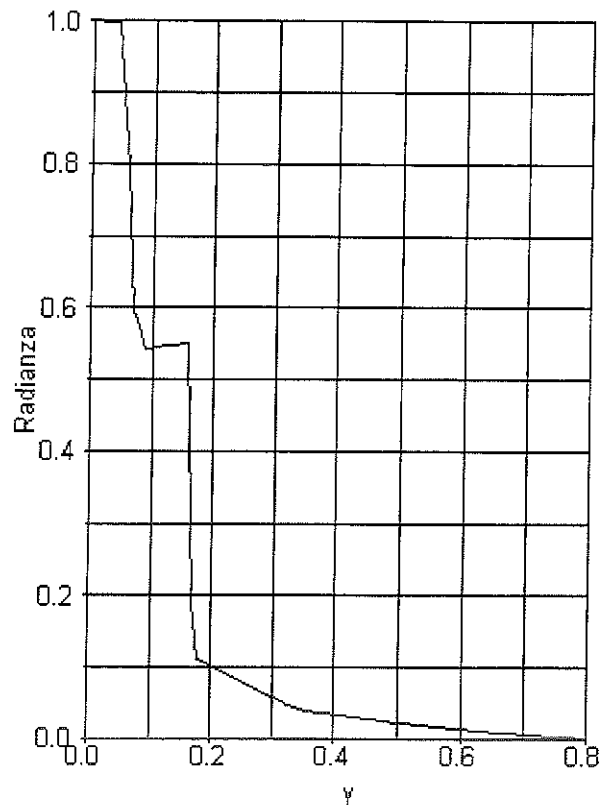


Figura 5. Simulazione dell'illuminamento prodotto da una sorgente non uniforme in funzione della variabile  $y = \text{atan}\left(\frac{x}{r}\right)$

Se si utilizzano più LED, l'illuminamento in un generico punto del piano è dato dalla somma degli illuminamenti prodotti dai singoli LED. Ad esempio, usando  $N$  LED allineati su una retta  $s$  con un passo  $p$ , l'illuminamento su un punto appartenente alla retta  $x$  parallela a  $s$  e a distanza  $r$  (vedi figura 6) è dato da:

$$W_{\text{tot}} = W_1 + W_2 + \dots + W_N \quad (22)$$

dove:

$$W_1 = I(\theta_1) \times \frac{dA}{r^2} \times \cos^4(\theta_1)$$

$$W_2 = I(\theta_2) \times \frac{dA}{r^2} \times \cos^4(\theta_2)$$

$$W_N = I(\theta_N) \times \frac{dA}{r^2} \times \cos^4(\theta_N)$$

Gli angoli delle rette passanti per il punto  $x$  e le varie sorgenti sono dati da:

$$\theta_1 = \text{atan}\left(\frac{x}{r}\right)$$

$$\theta_2 = \text{atan}\left(\frac{x-p}{r}\right)$$

$$\theta_N = \text{atan}\left(\frac{x-(N-1)p}{r}\right)$$

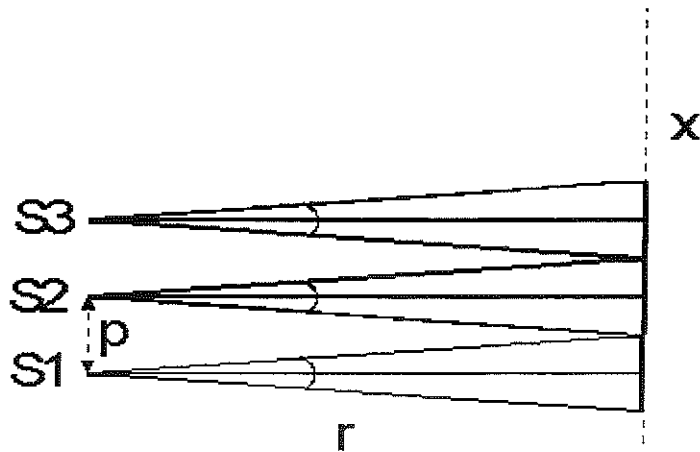


Figura 6. Rappresentazione geometrica usata per determinare l'illuminamento prodotto da una matrice lineare di LED.

Se  $W_0(x)$  è l'illuminamento prodotto sulla retta  $x$  dalla sorgente  $S_0$  posta sulla perpendicolare all'origine dell'asse  $x$ , l'illuminamento  $W_1(x)$  prodotto dalla sorgente  $S_1$  posta a distanza  $p$  da  $S_0$  è ottenuto trasladando la curva  $W_0(x)$  della quantità  $p$ ; l'illuminamento complessivo prodotto dalle  $N$  sorgenti è ottenibile sommando le curve  $W_0(x)$ , dopo averle traslate delle quantità:

$$P_n = (n-1)p$$

La curva superiore di figura 7 mostra l'illuminamento teorico prodotto su una retta  $x$  posta su un piano a distanza  $r = 500$  mm da una matrice lineare di 10 sorgenti distanziate del passo  $p = 30$  mm, la curva inferiore mostra l'illuminamento calcolato per una singola sorgente, posta al centro del segmento considerato.

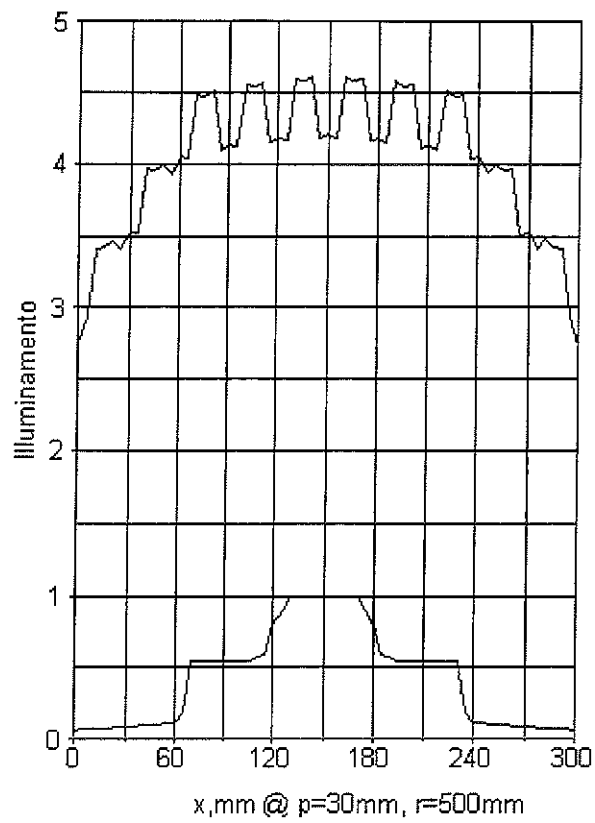


Figura 7. Profilo di una riga di illuminamento simulato, ottenuto con una sorgente (grafico inferiore) e con dieci sorgenti (grafico superiore).

### 3. Descrizione del sistema di ripresa

La figura 8 mostra schematicamente le connessioni tra i componenti del sistema di ripresa stroboscopica.

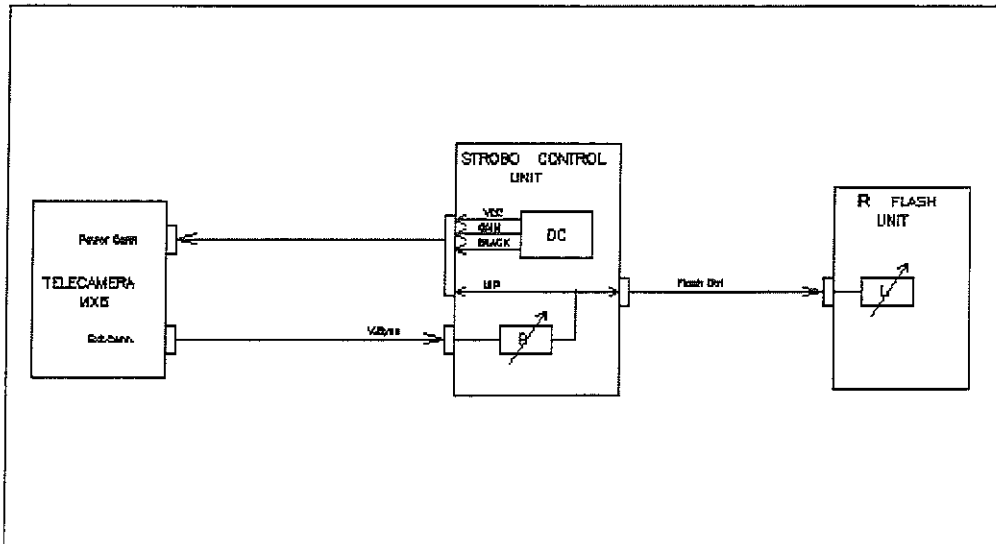


Figura 8. Schema a blocchi del sistema di ripresa stroboscopica

Nella versione sviluppata si è fatto uso di una telecamera con possibilità di controllo esterno del tempo di esposizione del trasduttore: in particolare, si è impiegata una telecamera a stato solido Adimec MX5.

Tramite l'Extension Connector (Ext. Conn), la telecamera invia all'unità di controllo il segnale di sincronismo verticale V-sync; il generatore di impulsi R contenuto nell'unità di controllo produce l'impulso UIP (User Integration Pulse), che ha durata costante e ritardo variabile rispetto al segnale di sincronismo. L'impulso UIP viene inviato alla telecamera e ne determina l'inizio della esposizione, che termina con l'impulso di sincronismo successivo; contemporaneamente, lo stesso impulso viene inviato all'illuminatore tramite l'uscita Flash Control: il generatore L produce un impulso di durata variabile, che determina la durata dell'impulso luminoso.

L'unità di controllo fornisce anche alla MX5 sia la tensione di alimentazione che due tensioni continue, che consentono di regolare a distanza il guadagno (Gain) e il livello di nero (Black level) della telecamera.

La figura 9 mostra una ripresa fotografica dei componenti sopra descritti.

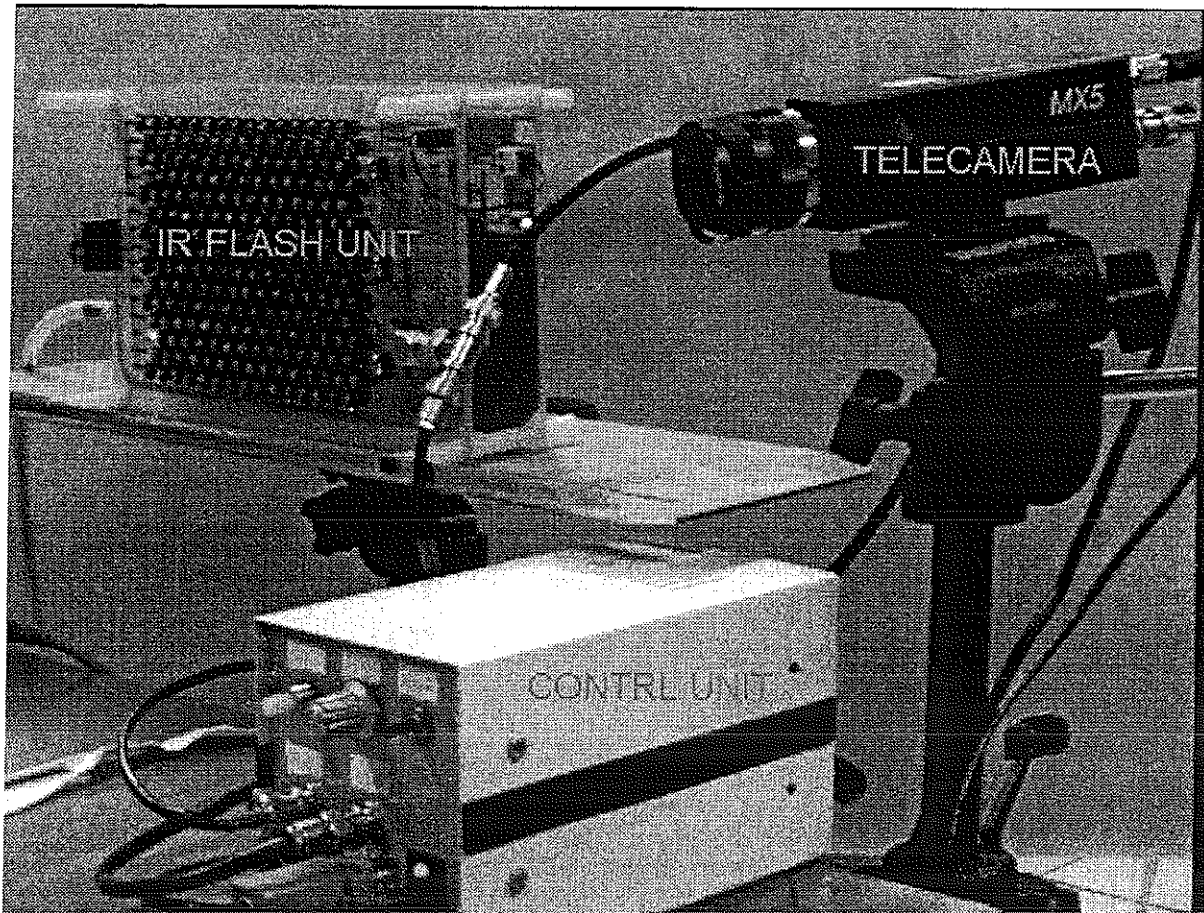


Figura 9. Componenti del sistema di ripresa stroboscopica IR

### 3.1 Telecamera

La durata del tempo di esposizione della telecamera MX5 può essere variata mediante il segnale di controllo UIP applicato all'ingresso 7 del Power Connector. Nel modo di funzionamento normale, il tempo di esposizione di ogni semiquadro è di 20 ms; in presenza dell'impulso di controllo, il tempo di integrazione è dato dalla distanza tra l'impulso UIP e il successivo impulso di sincronismo verticale (v. figura 10): mediante il potenziometro Exposure posto sull'unità di controllo, l'apertura dell'otturatore elettronico della telecamera può essere variata tra 5 ms e 18 ms, valori compresi nell'intervallo massimo teorico 0.4 ms - 19.2 ms.

28-Ju1-97  
8:25:22

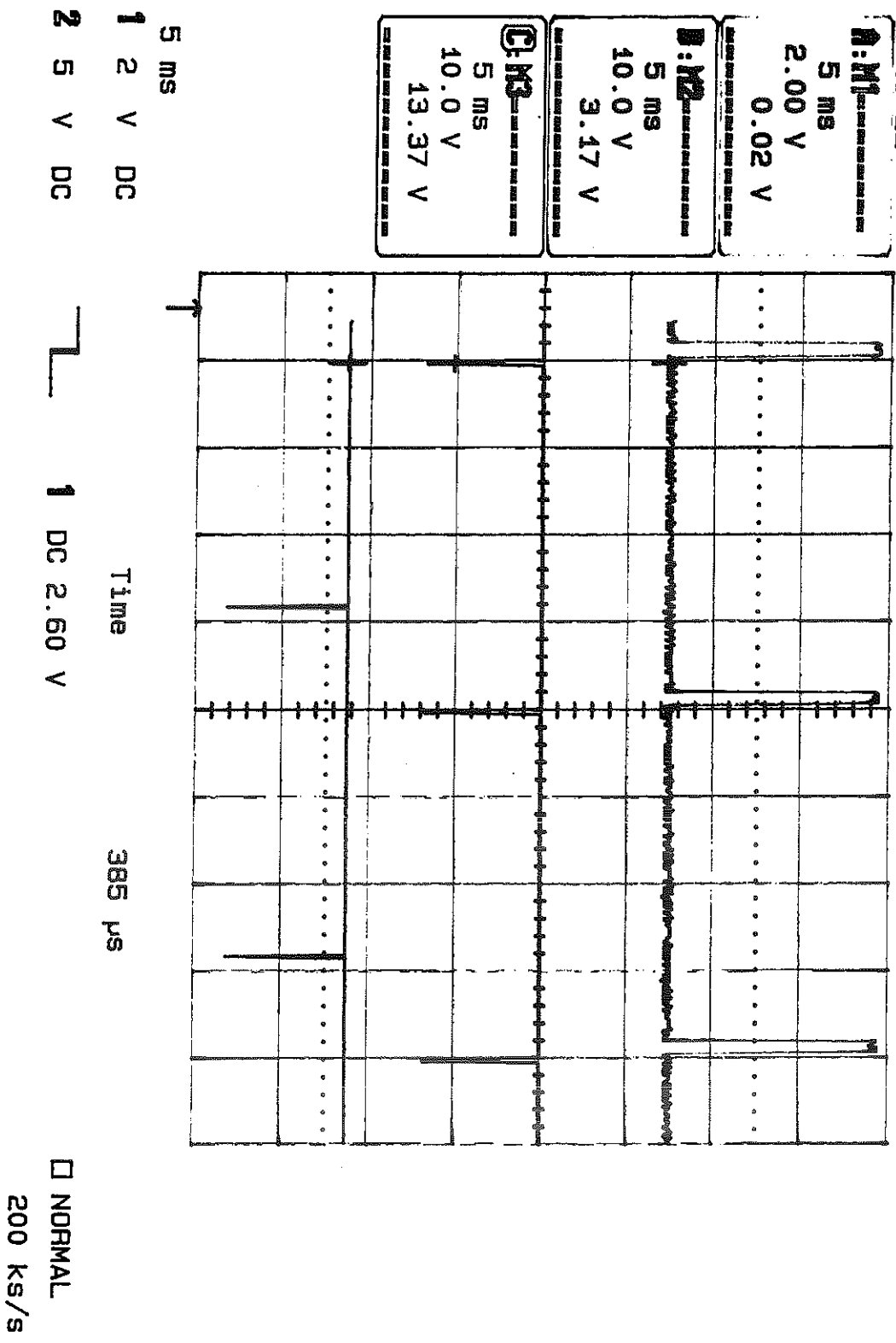


Figura 10. Impulsi usati per il controllo elettronico dell'esposizione della telecamera

### 3.2 Unità di controllo (Strobo control unit)

La figura 11 riporta lo schema elettrico dell'unità di controllo del sistema stroboscopico; la figura 12 mostra il pannello del dispositivo.

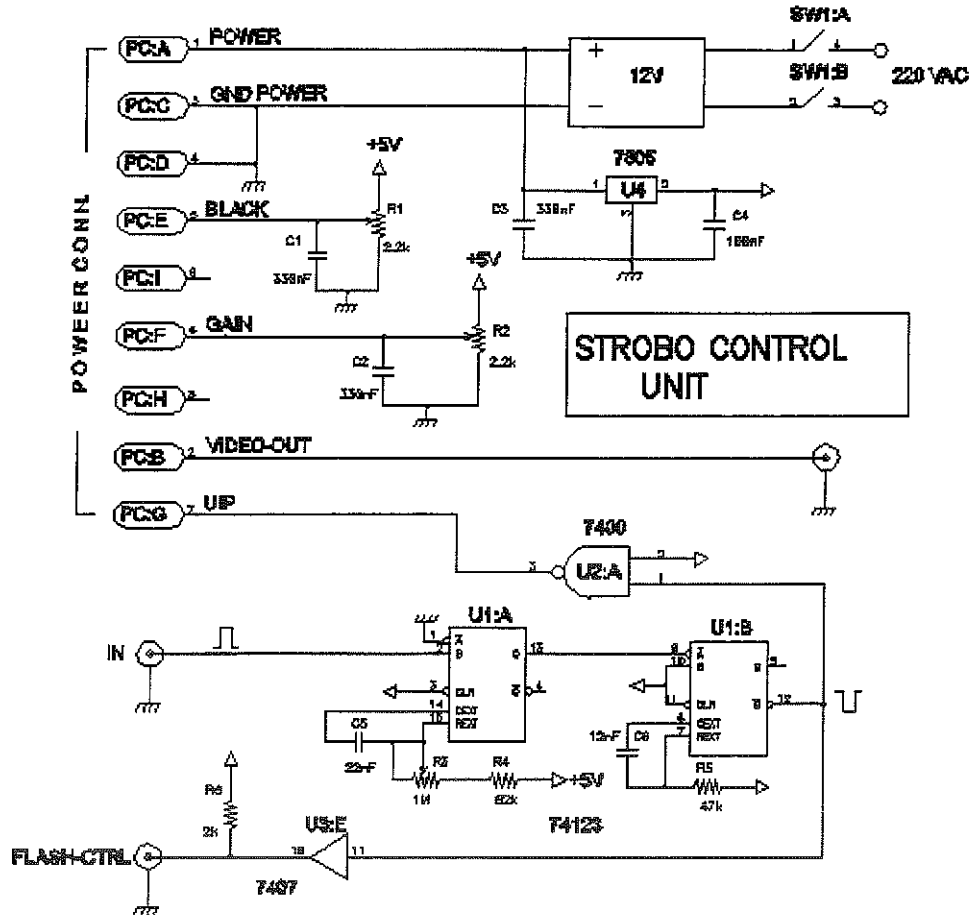


Figura 11. Schema elettrico dell'unità di controllo

L'alimentatore dell'unità di controllo fornisce alla telecamera la tensione di alimentazione (12 V) e le tensioni regolabili manualmente tra 0 e 5 V, utilizzate per il controllo di guadagno e di livello di nero: queste tensioni sono applicate alla telecamera tramite il connettore Power Conn. Sul piedino 2 di questo connettore è disponibile il segnale video prodotto dalla telecamera (Video-out), inviato direttamente su un connettore BNC posto sul pannello.

L'impulso TTL proveniente dalla telecamera attraverso il piedino 4 di EXT Conn. e applicato al connettore BNC V-Sync In posto sul pannello, pilota i due univibratori del micrologico U1: in uscita si ha un impulso con 150 ns di durata, determinata da R5-C6, e con un ritardo rispetto al segnale d'ingresso determinato da R4+R3-C5: regolando il potenziometro R3 si ha l'escursione temporale suddetta.

Il segnale così prodotto viene inviato alla telecamera attraverso l'invertitore U2 e il piedino 7 del Power Conn (ingresso UIP); lo stesso segnale, con livello 0-12 V determinato dal buffer U3, viene inviato all'illuminatore attraverso il connettore BNC Flash CTRL.

## PANNELLO DI CONTROLLO

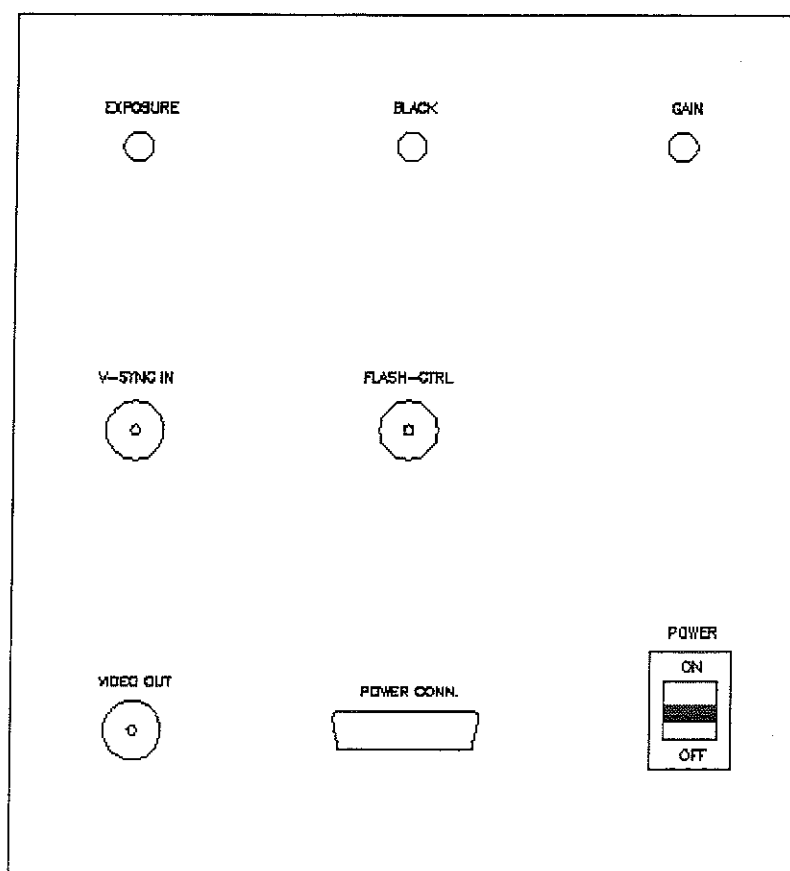


Figura 12. Pannello dell'unità di controllo

### 3.3 Illuminatore IR (IR flash unit)

La figura 13 riporta lo schema elettrico dell'illuminatore a matrice di diodi IR.

Il ponte a diodi BD1 e il condensatore di filtro C1 forniscono la tensione di alimentazione di 70 V, applicata tramite i filtri R22-C5, R23-C6, R24-C7 alle tre combinazioni serie-parallelo dei diodi D1-D225.

L'impulso Flash CTRL proveniente dall'unità di controllo pilota l'univibratore U1, all'uscita di questo si ha un impulso in negativo di durata determinata da R27+R28-C8, che viene inviato attraverso gli invertitori U2 e i partitori R16-R17, R18-R19, R20-21 agli interruttori elettronici Q1-Q3: questi interruttori si chiudono per il tempo corrispondente alla durata dall'impulso  $t_e$  prodotto da U1, in modo che i LED emettono un impulso di durata  $t_e$ .



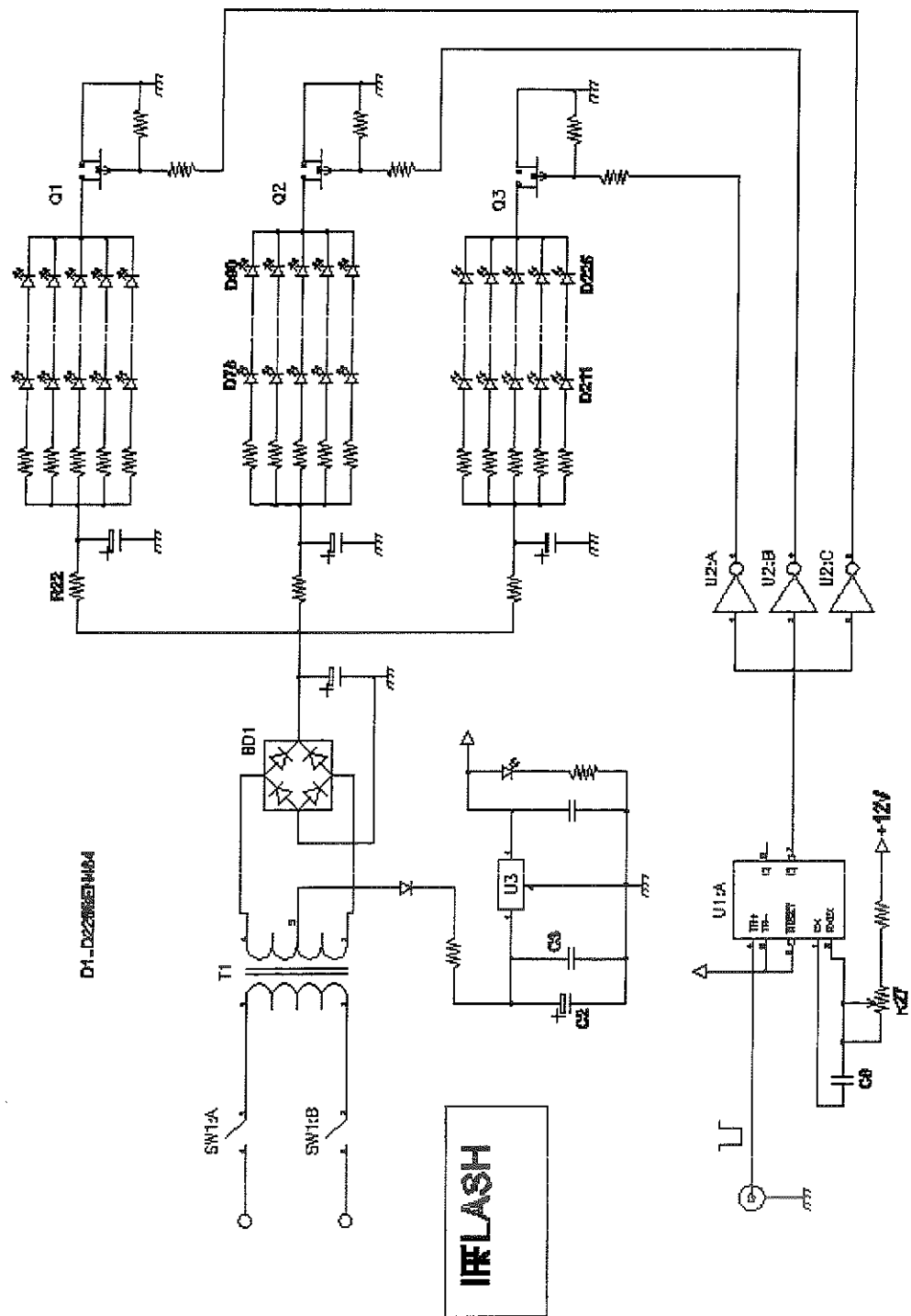


Figura 13. Schema elettrico dell'illuminatore IR

## 4. Verifiche sperimentali

### 4.1 Misure elettriche

La tensione a vuoto ai capi del condensatore C1 (v. figura 14) vale  $V = 70$  V; quando l'illuminatore è attivato, la tensione  $V$  varia in funzione della durata dell'impulso luminoso: le figure 14 e 15 mostrano l'andamento temporale di  $V$  per due differenti impulsi di emissione luminosa. La seguente tabella riporta i valori significativi del tensione di alimentazione.

$t_e$ $\mu s$	V medio V	ripple %
50	66.6	1.6
100	63.0	2.1

Tabella 1. Tensione di alimentazione

Le figure 16 e 17 riportano l'andamento della corrente attraverso un LED, della tensione ai suoi capi e della potenza istantanea per due differenti durate dell'impulso di emissione. In entrambe le figure la traccia superiore (A) rappresenta la caduta di tensione  $V_r$  ai capi della resistenza R1 (v. figura 13); la corrente che attraversa i diodi in serie D1 - D15 è dunque data da:

$$I_d = \frac{V_r}{R_1} \quad (23)$$

La traccia centrale (C) rappresenta la caduta di tensione  $V_D$  ai capi della serie di 15 diodi; la caduta ai capi di un singolo diodo è dunque data da:

$$V_d = \frac{V_D}{15} \quad (24)$$

La traccia inferiore (D) rappresenta il prodotto delle tracce A e C; la potenza istantanea sul LED è dunque data da:

$$W_d = I_d \times V_d = \frac{V_r}{R_1} \times \frac{V_D}{15} = \frac{V_r \times V_D}{150\Omega} \quad (25)$$

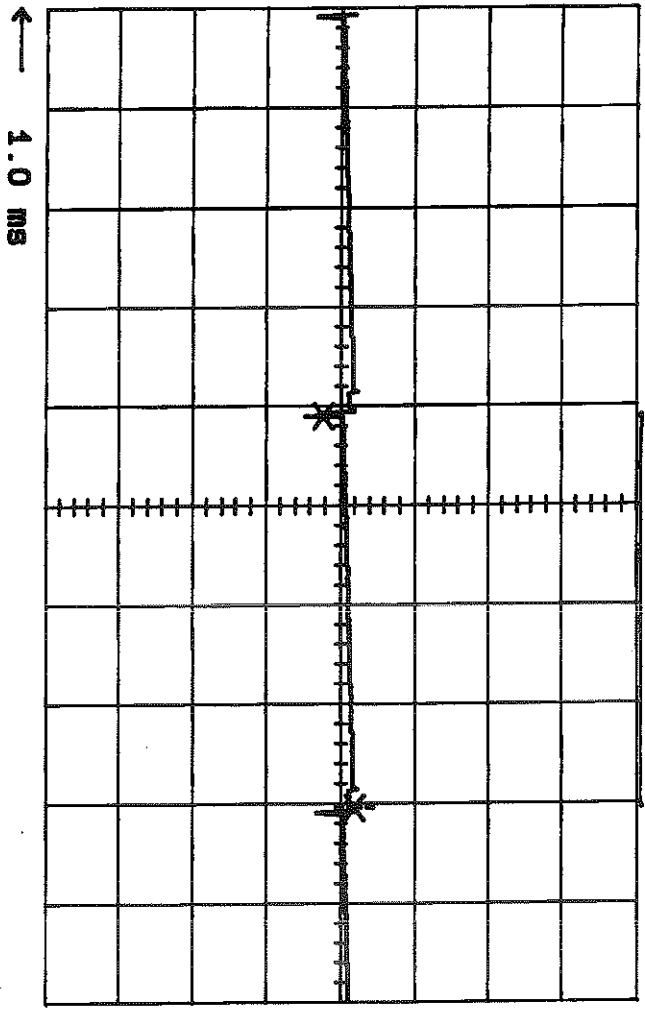
La potenza media dissipata dal LED,  $W_{dm}$ , è data dal prodotto della potenza istantanea per il duty cycle D. La potenza elettrica istantanea complessiva dell'illuminatore,  $W_I$  è data dal prodotto di  $W_d$  per il numero  $N = 225$  di diodi; la potenza media  $W_m$  è data dal prodotto della potenza istantanea per D. La tabella 2 riporta i valori suddetti per due differenti durate dell'impulso di emissione.

$t_e$ $\mu s$	$I_d$ A	$V_d$ V	$W_d$ W	$W_{dm}$ mW	$W_I$ W	$W_m$ W
50	1.12	3.5	3.8	9.5	855	2.1
100	1.07	3.3	3.5	17.5	787	3.9

Tabella 2. Valori di tensione e corrente misurati sul LED SFH484-II

30-JUL-97  
11:19:37

Average (2)  
5 ms  
2.00 V  
100 SWPS



pkpk (B)	1.107 V
mean (B)	66.6139 V
sdov (B)	94.6mV
rms (B)	66.6140 V
amp1 (B)	851mV

5 ms  
1 5 V DC  $\boxtimes$   
2 .2 V DC  $\boxtimes$

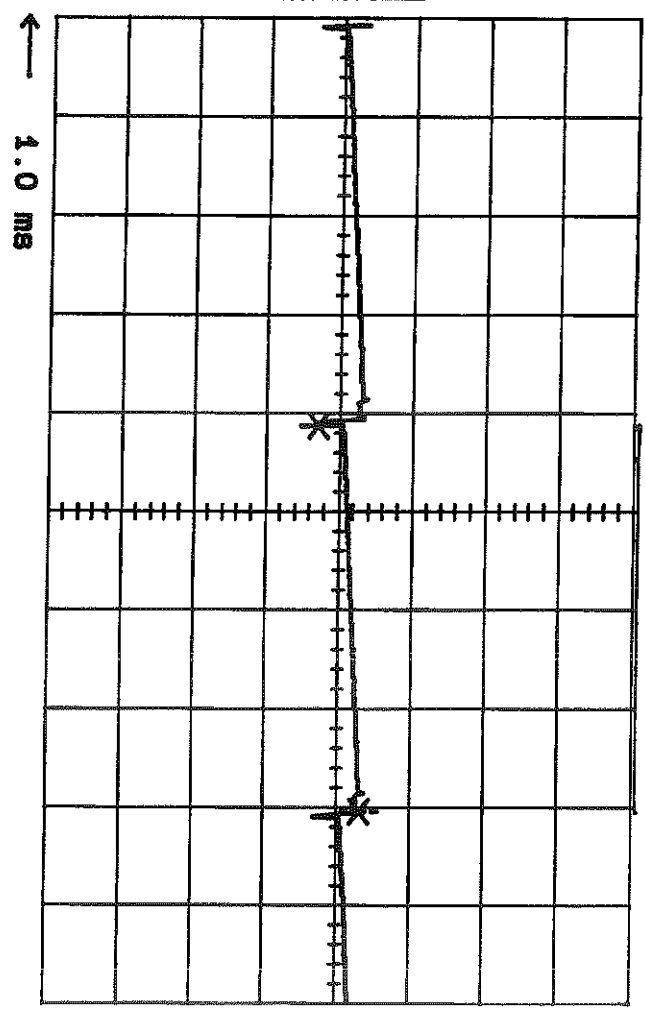
Ext LFREQ 0.96 V

NORMAL  
200 ks/s

Figura 14. Tensione ai capi di C1 per  $t_e = 50 \mu s$

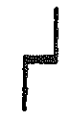
30-Jul-97  
11:12:20

Average (2)  
5 ms  
2.00 V  
100 swps



pkpk ( )	1.349 V
mean ( )	63.0290 V
sddev ( )	158.7mV
rms ( )	63.0292 V
amp1 ( )	1.349 V

5 ms  
1 1 V DC   
2.2 V DC



Ext LFREQ 0.96 V

NORMAL  
200 ks/s

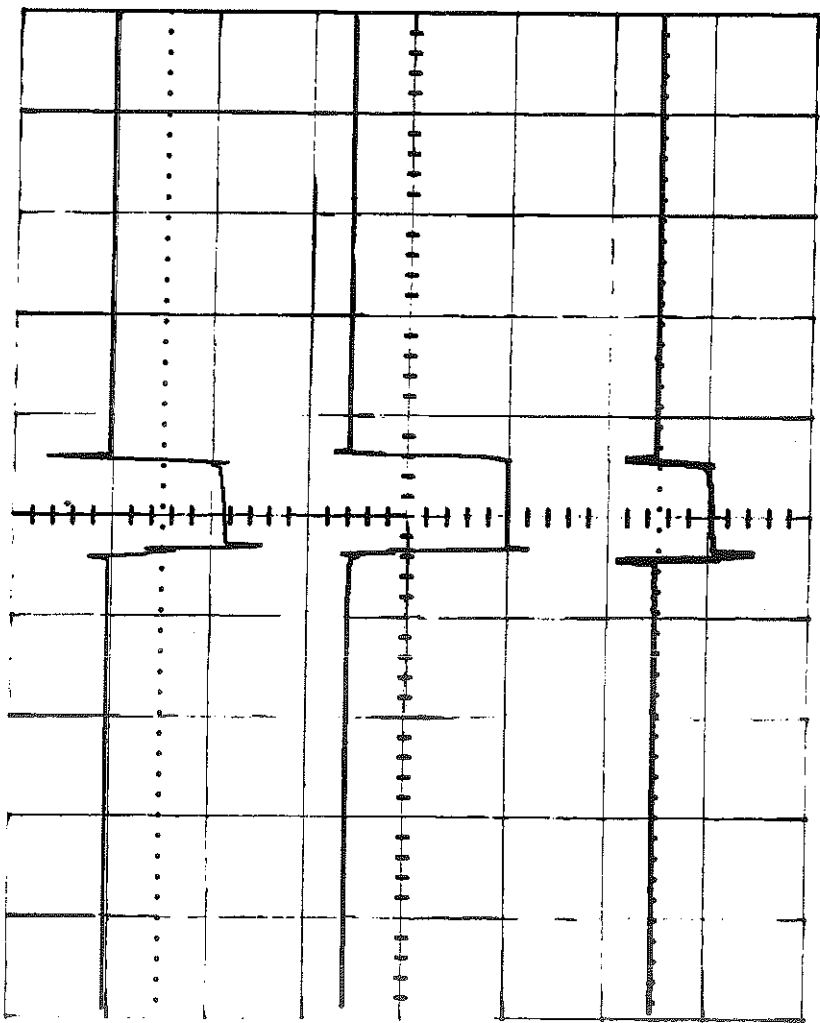
Figura 15. Tensione ai capi di C1 per  $t_e = 100 \mu s$

30-JUL-97  
9:59:53

M: M1  
50  $\mu$ s  
20.0 V

C: C1  
50  $\mu$ s  
40.0 V

W: W1  
50  $\mu$ s  
0.50 KV<sup>2</sup>



50  $\mu$ s  
1 1 V DC 50  
2 1 V DC 50

← 875  $\mu$ s

EXT LFREQ 0.96 V

NORMAL  
20 MS/S

Figura 16. Andamento di I, V e W per  $t_e = 50 \mu$ s

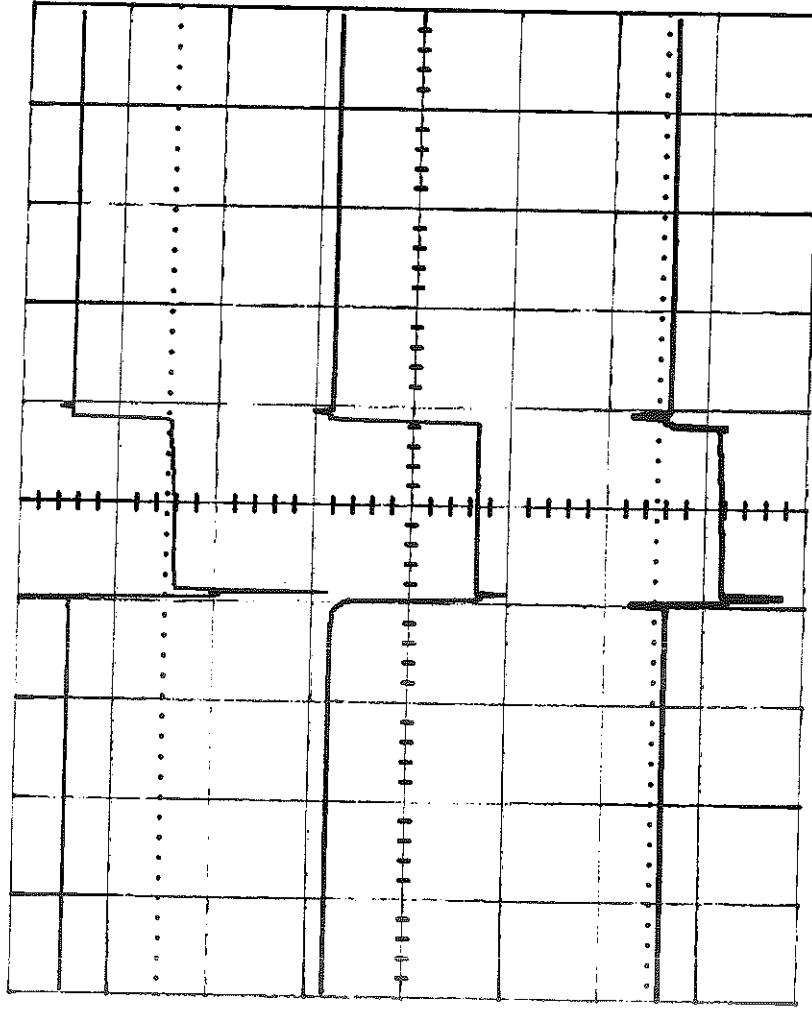
30-JULI-97  
10:59:07

**M1**  
50  $\mu$ s  
20.0 V

**C: M1**  
50  $\mu$ s  
40.0 V

**M2**  
50  $\mu$ s  
0.50 kV<sup>2</sup>

100 SWPS



50  $\mu$ s  
1 1 V DC  $\times$   
2 1 V DC  $\times$



Ext LFREQ 0.96 V

NORMAL  
20 Ms/s

**MEASURE**  
 Cursors  
Parameters

Figura 17. Andamento di I, V e W per  $t_e = 100 \mu$ s

## 4.2 Misure fotometriche

L'illuminamento prodotto dalla sorgente stroboscopica IR è stato valutato impiegando un fotodiodo SFH203FA, la cui sensibilità spettrale è in pieno accordo con lo spettro di emissione del LED SFH484-II.

Il rivelatore viene traslato lungo l'asse  $y$  mostrato in figura 18, parallelo alla superficie individuata dai LED della sorgente, mantenendo costante la distanza  $x$  dalla sorgente; il piano  $xy$  passa per la mezzeria della sorgente IR.

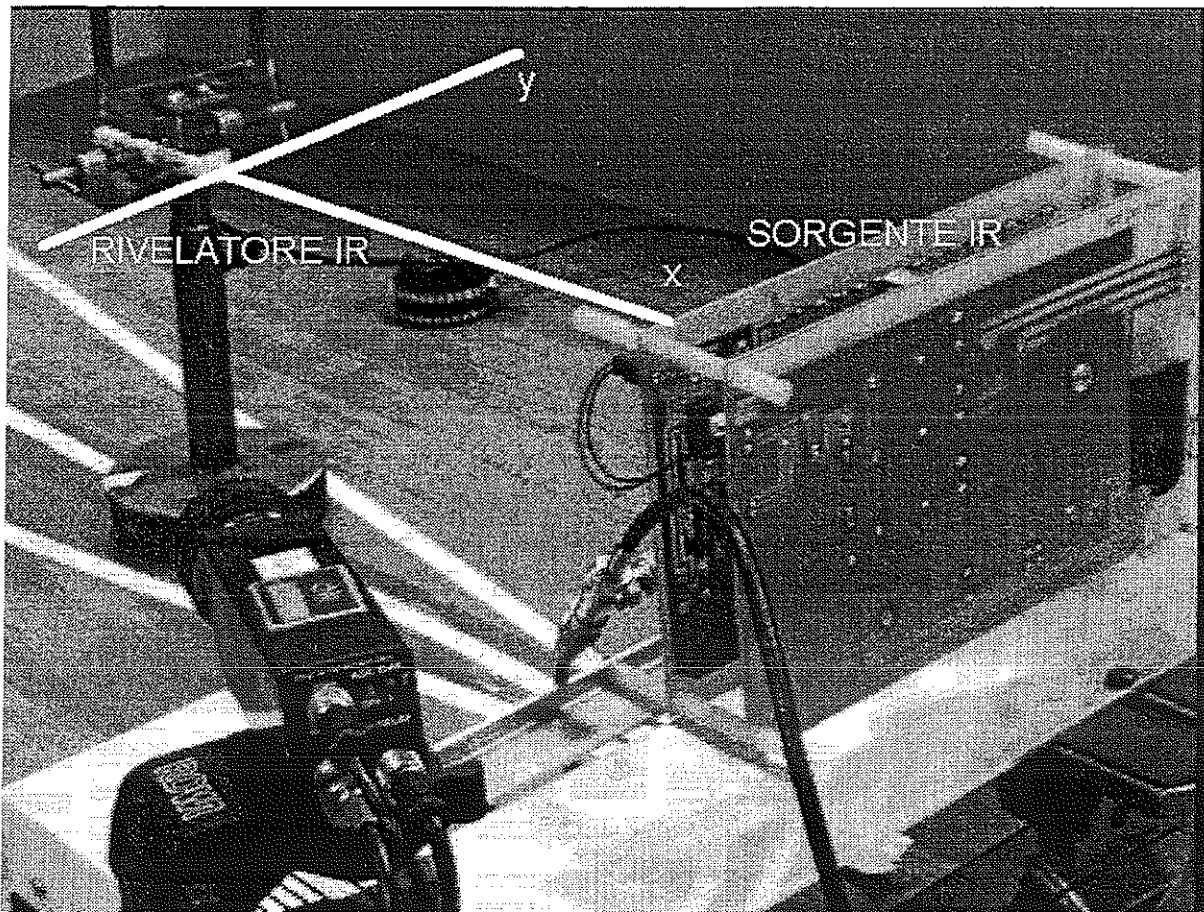


Figura 18. Indicazione degli assi di misura usati per il rilevamento puntuale del flusso emesso dalla sorgente IR

Il flusso luminoso incidente sul rivelatore è stato misurato mediante un convertitore corrente-tensione e un oscilloscopio. Sono state ricavate misure di flusso a intervalli di 5 cm lungo l'asse  $y$ , per valori di  $x$  incrementati di 10 cm da 30 cm a 100 cm: la figura 19 mostra i grafici delle misure effettuate.

Normalizzando le curve di illuminamento ricavate alle varie distanze  $x$  si ottengono i grafici riportati in figura 20. Utilizzando queste curve, per ogni valore di  $x$  si sono determinati i valori  $y_1$  e  $y_2$  in corrispondenza dei quali l'illuminamento si riduce al 50% del valore massimo e si è ricavato il valore  $h = y_1 - y_2$ ; il grafico di figura 21 mostra la funzione  $h(x)$  ottenuta interpolando linearmente i dati di misura.

La figura 22 riporta i valori di illuminamento ricavati per  $y = 0$  (curva superiore),  $y = -5$  cm (curva centrale) e  $y = 5$  cm (curva inferiore) al variare della distanza  $x$  dalla sorgente.

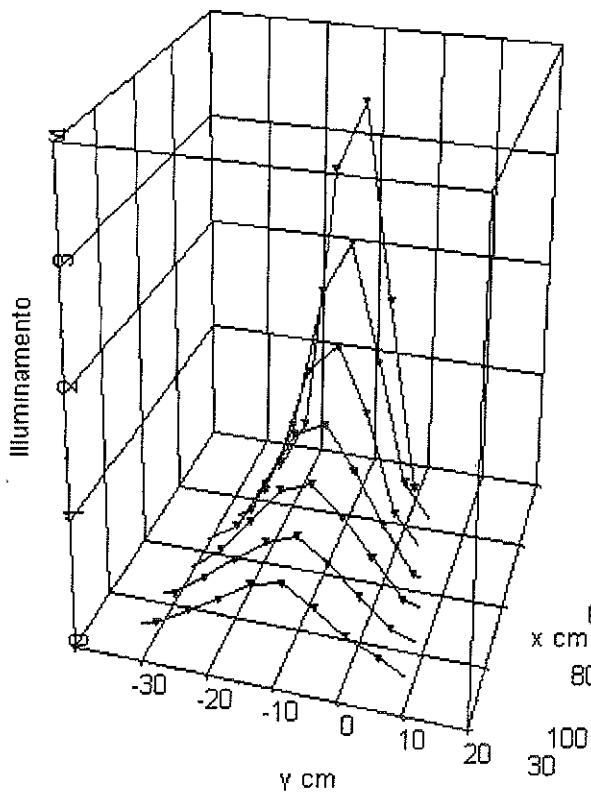


Figura 19. Valori di illuminamento ricavati su varie rette y a distanza x dalla sorgente

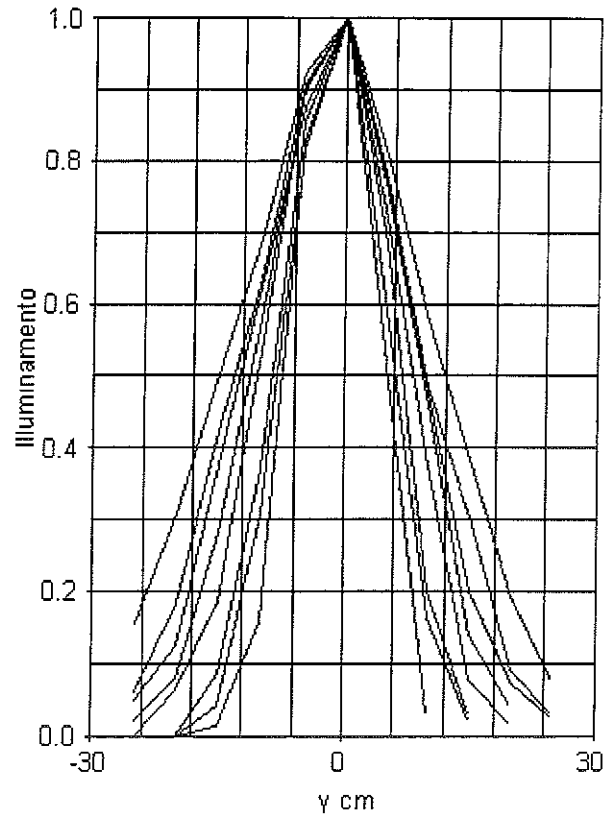


Figura 20. Grafici normalizzati dei valori di illuminamento ricavati lungo una retta a differenti distanze dalla sorgente

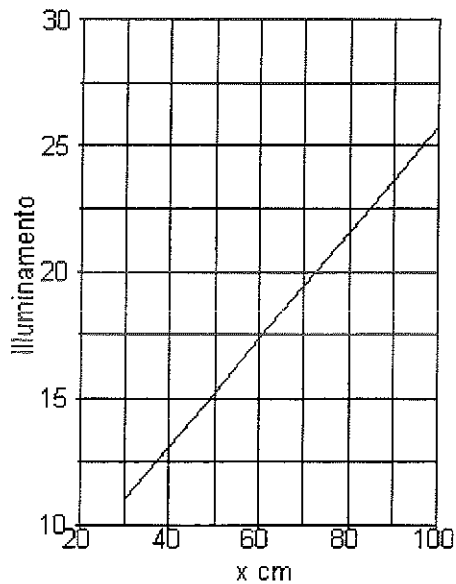


Figura 21. Dimensione della zona di illuminamento al 50% a diverse distanze dalla sorgente

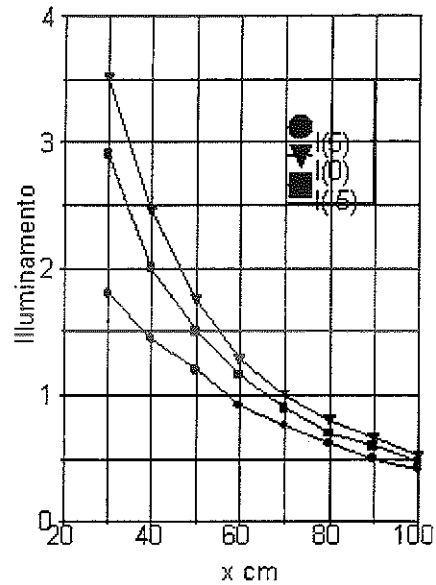


Figura 22. Variazione dell'illuminamento in funzione della distanza dalla sorgente



L'illuminamento prodotto dalla sorgente è stato valutato anche impiegando la telecamera del sistema. Mediante un obiettivo Javelin 12.5-75 mm, F/1.8 sono state riprese immagini della riflessione della luce da parte di uno schermo in materiale opaco, posto parallelo all'illuminatore IR a 50 cm di distanza. La telecamera è stata regolata con guadagno automatico escluso e con gamma = 0.45.

L'uscita della telecamera è stata collegata ad un ingresso monocromatico di una scheda di acquisizione video Matrox Meteor,

La figura 23 mostra l'immagine ricavata, definita da 256 livelli di grigio; la dimensione del pixel sull'immagine è  $p = 0.4$  mm.

La figura 24 mostra l'immagine originale convertita su 8 livelli; sull'immagine sono tracciate anche due assi, in corrispondenza dei quali sono stati ricavati i profili di riga dell'immagine, calcolati su 13 righe o colonne adiacenti: le figure 25 e 26 mostrano i diagrammi dei due profili.

La figura 27 riporta la vista frontale della matrice di fotodiodi accesi, ottenuta mediante la telecamera del sistema.



Figura 23. Illuminamento prodotto dalla matrice di LED su uno schermo uniforme posto a 50 cm; immagine definita da 256 livelli di grigio;  $p = 0.4$  mm

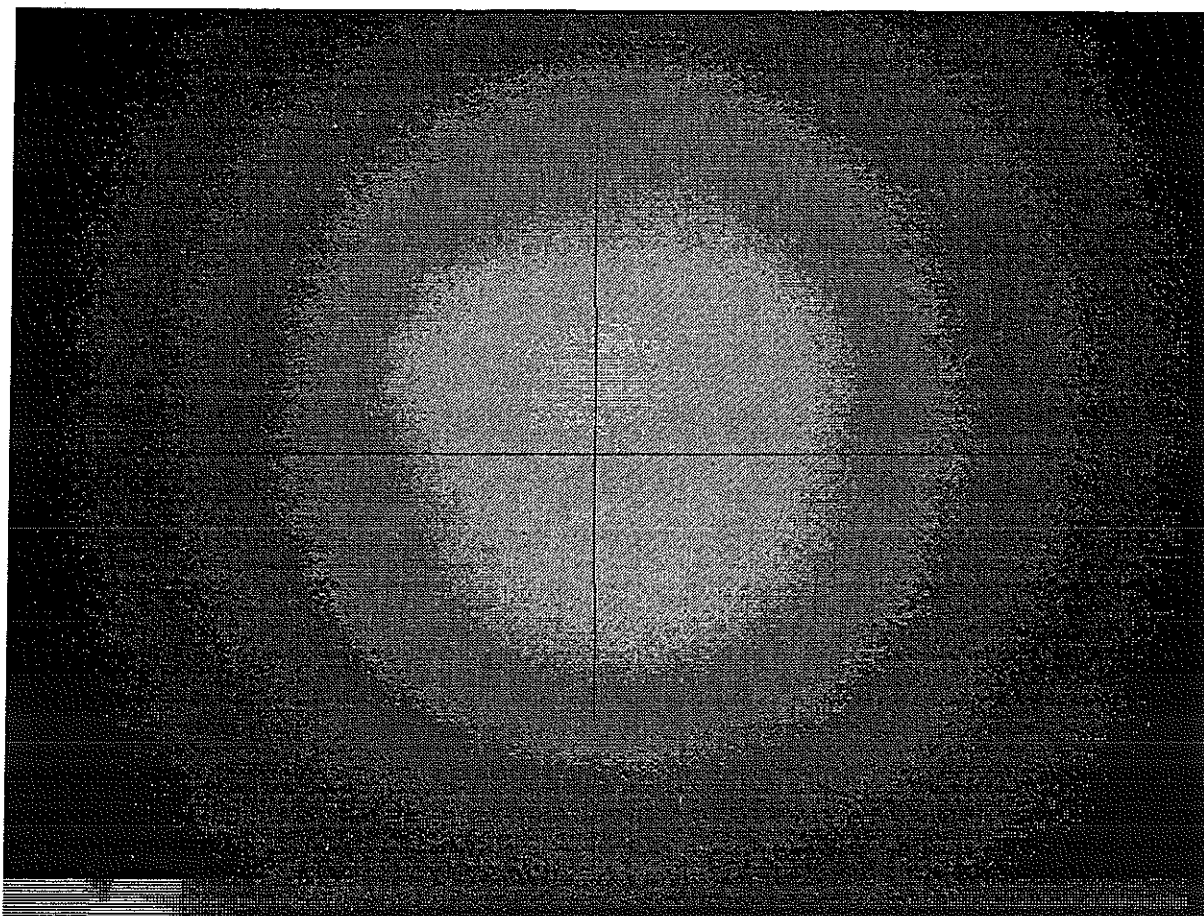


Figura 24. Immagine di figura 23 rappresentata con 8 livelli di grigio; sono tracciati anche gli assi usati per ricavare i profili di linea dell'immagine

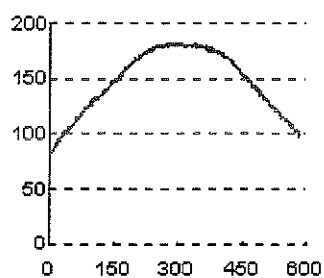


Figura 25. Profilo di linea , ricavato da 13 righe adiacenti dell'immagine di figura 23, in corrispondenza dell'asse orizzontale mostrato in figura 24

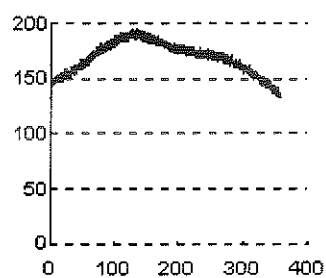


Figura 26. Profilo di linea , ricavato da 13 colonne adiacenti dell'immagine di figura 23, in corrispondenza dell'asse verticale mostrato in figura 24

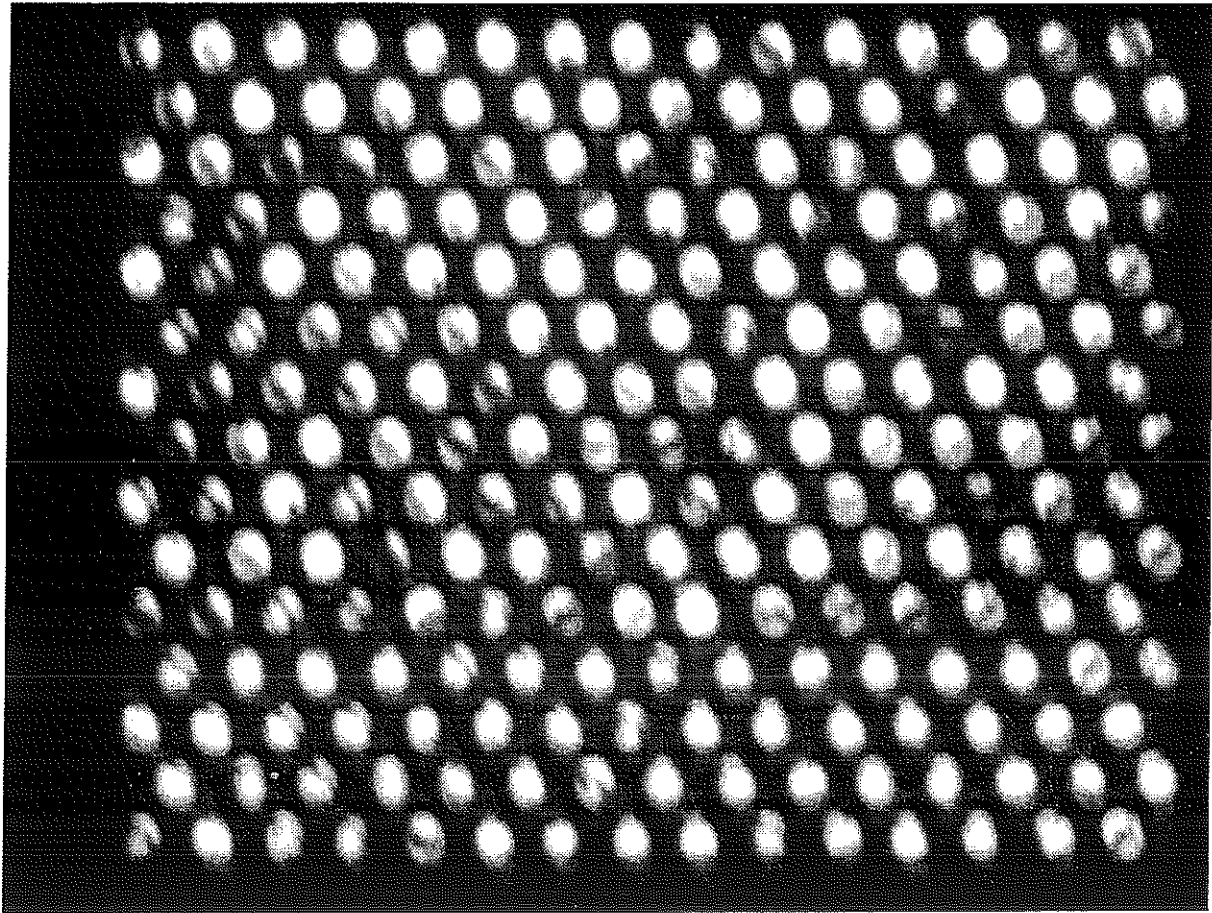


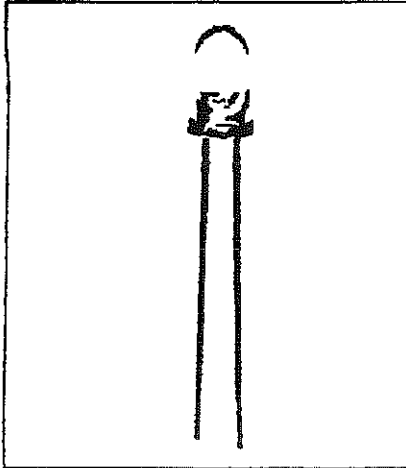
Figura 27. Vista frontale della matrice di LED IR

**SIEMENS**

**SFH 484**

**SFH 485**

**GaAlAs INFRARED EMITTER**



**FEATURES**

- T1 3/4 Package
- Clear Plastic Lens
- Long Term Stability
- Very High Power, 25 mW Typical at 100 mA
- Good Spectral Match with Silicon Photo Detector
- Gallium Aluminum Arsenide Material
- SFH 484—16° Narrow Beam, SFH 485—40° Medium Beam
- Smoke Detection Application: SFH484- E7517 (UL Recognized)

**DESCRIPTION**

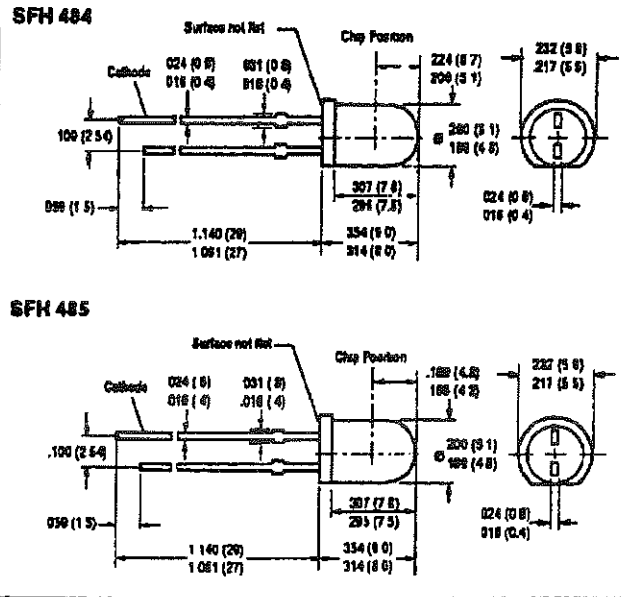
SFH 484, an infrared emitting diode, emits radiation in the near infrared range (880 nm peak). The device comes in a T1 3/4 (5 mm) plastic package. Uses for SFH 484 include IR remote control, smoke detectors, and other applications requiring high power, such as IR touch screens.

The SFH 485 contains the same IR emitter chip as the SFH 484 but features a wider beam.

**Maximum Ratings**

Operating and Storage Temperature Range ( $T_{OP}$ ,  $T_{STG}$ ) ..... -55° to +100°C  
 Junction Temperature ( $T_J$ ) ..... 100°C  
 Reverse Voltage ( $V_R$ ) ..... 5 V  
 Forward Current ( $I_F$ ) ..... 100 mA  
 Surge Current ( $I_{FSM}$ )  
 $t = 10 \mu s$  ..... 2.5 A  
 Power Dissipation ( $P_{TOT}$ ) ..... 200 mW  
 Thermal Resistance ( $R_{\theta JA}$ ) ..... 375 K/W

**Package Dimensions in Inches (mm)**



**Characteristics ( $T_A=25^\circ C$ )**

Parameter	Symbol	Value	Unit
Peak Wavelength ( $I_F=100 \text{ mA}$ , $t_p=20 \text{ ns}$ )	$\lambda_{PEAK}$	880±20	nm
Spectral Bandwidth ( $I_F=100 \text{ mA}$ )	$\Delta\lambda$	80	nm
Half Angle			
SFH 484	$\phi$	±8	Deg.
SFH 485	$\psi$	±20	Deg.
Active Chip Area	A	0.18	mm <sup>2</sup>
Active Chip Area Dimensions	L x W	0.4 x 0.4	mm
Distance, Chip Surface to Case Surface			
SFH 484	D	5.1 to 5.7	mm
SFH 485	D	4.2 to 4.8	mm
Switching Times, $I_E$			
10% to 90% and 90% to 10% ( $I_F=100 \text{ mA}$ )	$t_{ri}$ , $t_{F}$	0.6/0.5	$\mu s$
Capacitance ( $V_R=0 \text{ V}$ , $f=1 \text{ MHz}$ )	$C_0$	25	pF
Forward Voltage			
( $I_F=100 \text{ mA}$ , $t_p=20 \mu s$ )	$V_F$	1.5 (±1.8)	V
( $I_F=1 \text{ mA}$ , $t_p=100 \mu s$ )	$V_F$	3.0 (±3.8)	V
Reverse Current ( $V_R=5 \text{ V}$ )	$I_R$	0.01 (±1)	$\mu A$
Temperature Coefficient, $I_E$ or $\Phi_E$	$TC_I$	-0.5	%/K
Temperature Coefficient, $V_F$	$TC_V$	-2	mV/K
Temperature Coefficient, $\lambda$	$TC_\lambda$	0.25	nm/K

**Radiant Intensity,  $I_E$  in Axial Direction at a solid angle of  $\Omega=0.01 \text{ sr}$**

	SFH	SFH	SFH	SFH	Unit
	Sym	484-1	484-2	485-1	485-2
$I_F=100 \text{ mA}$ , $I_{E \text{ min}}$	50	80	16	25	mW/sr
$I_F=20 \text{ mA}$ , $I_{E \text{ max}}$	100	180	32	50	mW/sr
$I_F=1 \text{ A}$ , $I_{E \text{ typ}}$	700	900	220	340	mW/sr