

Manuale dell'utente



FLIR A3xxseries FLIR A6xx series

Publ. No.	T559634
Revision	a527
Language	Italian (IT)
Issue date	May 4, 2011

Manuale dell'utente





Dichiarazione di non responsabilità

Tutti gli articoli prodotti da FLIR Systems sono garantiti contro difetti nei materiali e di mano d'opera per un periodo di un (1) anno dalla data di spedizione dell'acquisto originale. Tale garanzia è valida solo nel caso in cui il prodotto sia stato conservato, utilizzato e manutenuto in accordo con le istruzioni fornite da FLIR Systems.

I prodotti non costruiti da FLIR Systems ma inclusi nei sistemi spediti da FLIR Systems all'acquirente originale, mantengono la garanzia, se disponibile, prevista soltanto dal particolare fornitore. FLIR Systems non è da ritenersi in alcun modo responsabile per tali prodotti.

Poiché la garanzia vale esclusivamente per l'acquirente originale, non è in alcun modo possibile trasferirla. Inoltre, tale garanzia non è valida per qualsivoglia prodotto utilizzato in modo improprio e in condizioni di funzionamento anormali o accidentali. Le parti di ricambio sono escluse dalla garanzia.

Nell'eventualità in cui si riscontrino difetti in uno dei prodotti coperti dalla presente garanzia, sospendere l'utilizzo del prodotto in modo da impedire che si verifichino danni aggiuntivi. L'acquirente è tenuto a comunicare prontamente a FLIR Systems la presenza di eventuali difetti o malfunzionamenti; in caso contrario, la presente garanzia non è da intendersi effettiva.

FLIR Systems ha la facotità di decidere, a sua sola discrezione, se riparare o sostituire gratuitamente qualsiasi prodotto nell'eventualità in cui, dopo aver effettuato i debiti accertamenti, il prodotto risulti essere realmente difettoso sia nei materiali che nella lavorazione e purché esso venga restituito a FLIR Systems entro detto periodo di un anno.

Gli obblighi e le responsabilità di FLIR Systems in materia di quasti sono da intendersi limitati alle clausole sopra enunciate.

Pertanto, nessun'altra garanzia è da considerarsi espressa o implicita. FLIR Systems disconosce specificamente qualunque garanzia implicita di commerciabilità e idoneità del prodotto per usi particolari.

FLIR Systems non è da ritenersi in alcun modo responsabile di eventuali danni diretti, indiretti, particolari, accidentali o conseguenti, siano essi basati su contratto, illecito civile o altri fondamenti giuridici.

Questa garanzia è disciplinata dalla legge svedese.

Le eventuali vertenze, controversie o rivendicazioni originate da o collegate a questa garanzia, verranno risolte in modo definitivo tramite arbitrato in conformità con le Regole dell'Arbitration Institute della Camera di Commercio di Stoccolma. La sede dell'arbitratio sarà Stoccolma e la lingua da utilizzare nel procedimento arbitrale sarà l'inglese.

Copyright

© 2011, FLIR Systems. Tutti i diritti riservati. Nessuna parte del software, compreso il codice sorgente, può essere riprodotta, trasmessa, trascritta o tradotta in qualsiasi lingua o linguaggio informatico, in qualunque forma o mediante qualsivoglia supporto elettronico, magnetico, ottico, manuale o altro, senza previa autorizzazione scritta di FLIR Systems.

Tale documentazione non può essere, né in toto né in parte, copiata, fotocopiata, riprodotta, tradotta o trasmessa in forma leggibile da qualsiasi supporto o dispositivo elettronico senza previo consenso scritto da parte di FLIR Systems.

I nomi e i marchi visibili sui prodotti accompagnati dal presente documento sono marchi registrati o marchi di proprietà di FLIR Systems e/o relative filiali. Tutti gli altri marchi, nomi commerciali o di società citati nel presente documento sono usati unicamente a scopo di identificazione e appartengono ai rispettivi proprietari.

Certificazione di qualità

Il Sistema per la gestione della qualità in base al quale vengono sviluppati e realizzati i prodotti FLIR ha ottenuto la certificazione ISO 9001.

FLIR Systems è impegnata a perseguire una politica di continuo sviluppo, pertanto l'azienda si riserva il diritto di apportare modifiche e migliorie, senza previa notifica, a tutti i prodotti descritti nel presente manuale.

Brevetti

Ai prodotti e alla caratteristiche descritte nel presente manuale si applicano uno o più dei seguenti brevetti o registrazioni modello:

0002258-2; 000279476-0001; 000439161; 000499579-0001; 000653423; 000726344; 000859020; 000889290; 001106306-0001; 001707738; 001707746; 001707785; 010176519; 0101577-5; 0102150-0; 0200629-4; 0300911-5; 0302837-0; 1144833; 1182246; 1182620; 1188086; 1285345; 1287138; 1299699; 1325808; 3366775; 1365299; 1402918; 1404291; 1678485; 1732314; 200530018812.0; 2008301436367; 2106017; 235308; 3006596; 3006597; 466540; 483782; 484155; 518836; 60004227.8; 60122153.2; 602004011681.5-08; 6707044; 68657; 7034300; 7110035; 7154093; 7157705; 7237946; 7312822; 7332716; 7336823; 7544944; 75530; 7667198; 7809258; 7826736; D540838; D549758; D579475; D584755; D599,392; D16702302-9; D16703574-4; D16803572-1; D16803853-4; D16903617-9; DM/057692; DM/061609; ZL00089178.1; ZL01823221.3; ZL01823226.4; ZL02331553.9; ZL02331554.7; ZL200480034894.0; ZL200530120994.2; ZL200630130114.4; ZL200730151141.4; ZL200730339504.7; ZL2008301285812.

Sommario

•	Averteile	
2	Nota per l'utente	3
3	Assistenza ai clienti	5
4	Aggiornamenti della documentazione	6
5	Nota importante sul manuale	7
6	Panoramica di modelli di termocamera 6.1 FLIR A300 6.2 FLIR A310 6.3 FLIR A315 6.4 FLIR A320 Tempscreen 6.5 FLIR A615	9 10 11
7	Elenco dei materiali	14
8	Installazione 8.1 Informazioni generali 8.2 Requisiti di sistema 8.3 Installazione	15 16
9	Installazione meccanica 9.1 Installazione di termocamere fisse 9.2 Montaggio e rimozione degli obiettivi (FLIR A3xxseries) 9.2.1 Installazione di un obiettivo a infrarossi aggiuntivo 9.2.2 Rimozione di un obiettivo a infrarossi aggiuntivo 9.3 Montaggio e rimozione degli obiettivi (FLIR A6xx series) 9.3.1 Rimozione di un obiettivo a infrarossi 9.3.2 Montaggio di un obiettivo ad infrarossi	18 19 19 20 21 21
10	Connettori, controlli e indicatori	23
11	Esempi di panoramiche del sistema	27
12	Screening temperatura	30
13	Pulizia della termocamera 13.1 Rivestimento esterno, cavi e altri componenti della termocamera 13.2 Obiettivo a infrarossi 13.3 Rilevatore ad infrarossi	32
14	Dati tecnici	35
15	Configurazioni dei pin	36
16	Disegni meccanici 16.1 FLIR A3xxseries 16.1.1 Dimensioni termocamera (anteriore) 16.1.2 Dimensioni termocamera (laterale)	38 38

		16.1.3	Dimensioni	termocamera (inferiore)	. 40
		16.1.4	Dimensioni	termocamera (con obiettivo 10 mm/45°)	. 41
		16.1.5		termocamera (con obiettivo 30 mm/15°)	
		16.1.6		infrarossi (10 mm/45°)	
		16.1.7		infrarossi (30 mm/15°)	
	16.2				
		16.2.1		termocamera (vista frontale, senza obiettivo)	
		16.2.2		termocamera (vista laterale, senza obiettivo)	
		16.2.3		termocamera (vista laterale, con obiettivo 24,5 mm/25°)	
		16.2.4		i interfacce di montaggio, 1	
		16.2.5		i interfacce di montaggio, 2	
		16.2.6		termocamera (vista posteriore)	
		16.2.7	Obiettivo a	infrarossi (24,5 mm/25°)	. 51
17	Inforn	nazioni si	u FLIR Syste	ems	52
••	17.1		-	emplice termocamera a infrarossi	
	17.2		•	società a disposizione del cliente	
	17.3			ı al supporto dei clienti	
	17.4			bilimenti	
			· ·		
18	Gloss	ario			. 57
19	Tecnic	che di mi	surazione te	ermografica	. 61
	19.1			-	
	19.2	Emissivi	tà		. 61
		19.2.1	Come stabi	ilire l'emissività di un campione	. 62
			19.2.1.1	Passaggio 1: determinazione della temperatura apparente	
				riflessa	. 62
			19.2.1.2	Passaggio 2: determinazione dell'emissività	. 64
	19.3	Tempera	ıtura apparer	nte riflessa	. 65
	19.4	Distanza	a		. 65
	19.5	Umidità	relativa		. 65
	19.6	Altri par	ametri		. 66
20	Storia	della tec	nologia a in	frarossi	67
20	Storia	della lec	ilologia a ili	111 01 0551	. 07
21	Teoria	della ter	rmografia		. 72
	21.1				
	21.2			gnetico	
	21.3			nero	
		21.3.1		Planck	
		21.3.2		spostamento di Wien	
		21.3.3		tefan-Boltzmann	
		21.3.4		liversi dai corpi neri	
	21.4	Materiali	semitraspar	enti agli infrarossi	. 80
22	La for	mula di r	nisurazione		. 82
23	Tabell	e di emis	ssività		. 88
	23.1				
	00.0	Niete ime			00
	23.2	nota imp	oortante sulle	e tabelle di emissività	. 00

1 Avvertenze

AVVERTENZA

- Questa apparecchiatura genera, utilizza e può irradiare energia in radiofrequenza e, se non viene installata e utilizzata in conformità al manuale di istruzioni, può interferire con le comunicazioni radio. Essa è stata collaudata e ritenuta conforme ai limiti relativi ai dispositivi computerizzati di Classe A secondo la Sottoparte J della Parte 15 delle Normative FCC. Questi limiti hanno lo scopo di fornire una protezione ragionevole da interferenze di questo tipo in caso di utilizzo in ambienti commerciali. Se utilizzato in zone residenziali, questo apparato può provocare interferenze. In tal caso, l'utente dovrà adottare, a sue spese, tutte le contromisure adeguate per eliminare l'interferenza.
- (Si applica esclusivamente alle termocamere con puntatore laser) Non fissare il raggio laser. Può irritare gli occhi.
- Si applica solo a termocamere con batteria:
 - Non disassemblare né apportare modifiche alla batteria. Quest'ultima è provvista di dispositivi di sicurezza e protezione che, se danneggiati, possono provocarne il surriscaldamento oppure causare un'esplosione o un incendio.
 - Non sfregare gli occhi, qualora venissero a contatto con il liquido eventualmente fuoriuscito dalla batteria. Sciacquare abbondantemente con acqua e consultare immediatamente un medico, altrimenti si corre il rischio di serie lesioni.
 - Non continuare a tentare di caricare la batteria nel caso in cui la ricarica non avvenga nei tempi previsti. Se si insiste nell'operazione, la batteria può surriscaldarsi, con il rischio di un'esplosione o di un incendio.
 - Per scaricare la batteria, utilizzare esclusivamente il dispositivo appropriato, altrimenti si rischia di compromettere le prestazioni o la durata della batteria. Se non si utilizza il dispositivo appropriato, alla batteria può giungere un flusso di corrente inadeguato che può provocarne il surriscaldamento o addirittura un'esplosione e lesioni alle persone.
- Prima di utilizzare un liquido, leggere attentamente tutte le relative schede con i dati di sicurezza del materiale (MSDS, Material Safety Data Sheets) e le etichette con le avvertenze applicate sui contenitori. I liquidi possono essere pericolosi.

ATTENZIONE

- Non puntare la termocamera, con o senza copriobiettivo, verso fonti a intensa emissione di energia, ad esempio apparecchiature che emettono radiazioni laser o il sole. Ciò potrebbe pregiudicare la precisione del rilevamento dei dati da parte della termocamera e danneggiare il rilevatore.
- Non utilizzare la termocamera a una temperatura superiore a +50°C, a meno che non sia indicato diversamente nella documentazione dell'utente. Le temperature elevate possono danneggiarla.
- (Si applica esclusivamente alle termocamere con puntatore laser) Quando non si utilizza il puntatore laser, proteggerlo con l'apposito copriobiettivo di protezione.
- Si applica solo a termocamere con batteria:
 - Non collegare le batterie direttamente alla presa per l'accendisigari dell'automobile, a meno che non si adotti l'apposito adattatore fornito da FLIR Systems.
 - Non collegare tra loro i terminali positivo e negativo della batteria utilizzando un oggetto metallico, ad esempio un filo elettrico.
 - Non versare acqua dolce o salata sulla batteria ed evitare che la batteria si bagni.

- Non praticare fori sulla batteria utilizzando oggetti di qualunque tipo. Non colpire la batteria con un martello, non calpestarla ed evitare di sottoporla a forti impatti o urti.
- Non avvicinare la batteria al fuoco né esporla alla luce solare diretta. Quando la batteria si surriscalda, il dispositivo di sicurezza incorporato si attiva e può interrompere il processo di ricarica. In caso di surriscaldamento, il dispositivo di sicurezza può danneggiarsi, pertanto la batteria rischia di surriscaldarsi ulteriormente, danneggiarsi o incendiarsi.
- Non collocare la batteria sul fuoco, né riscaldarla con fonti di calore.
- Non lasciare la batteria in prossimità del fuoco, di fonti di calore o in luoghi ad alte temperature.
- Non effettuare saldature direttamente sulla batteria.
- Non utilizzare la batteria se, durante il funzionamento, la ricarica o la conservazione, si percepisce un odore insolito, la batteria è calda, cambia colore o forma oppure è in una condizione inconsueta. Se si riscontrano uno o più problemi di questo tipo, contattare la sede di vendita locale.
- Quando si carica la batteria, utilizzare solo uno dei caricabatteria specificati.
- Per caricare la batteria, l'intervallo di temperatura previsto è compreso tra ±0 e +45°C, a meno che non sia indicato diversamente nella documentazione dell'utente. Se la batteria viene caricata a temperature non comprese in questo intervallo, può surriscaldarsi o danneggiarsi oppure possono risultarne pregiudicate le prestazioni o la durata.
- Per scaricare la batteria, l'intervallo di temperatura previsto è compreso tra -15 e +50°C, a meno che non sia indicato diversamente nella documentazione dell'utente. Se si utilizza la batteria a temperature non comprese in questo intervallo, possono risultarne pregiudicate le prestazioni o la durata.
- Se la batteria è usurata, isolare i terminali con nastro adesivo o materiale analogo prima di procedere allo smaltimento.
- Prima di installare la batteria, rimuovere eventuale acqua o umidità.
- Non utilizzare solventi o liquidi equivalenti sulla termocamera, i cavi e gli altri componenti. Potrebbero danneggiarsi.
- Quando si pulisce l'obiettivo a infrarossi, procedere con cautela. L'obiettivo è dotato di un rivestimento antiriflesso.
- Non eccedere nella pulizia dell'obiettivo a infrarossi. Il rivestimento antiriflesso potrebbe rovinarsi.
- Negli altiforni e in altre applicazioni con temperature elevate, è necessario montare una protezione termica sulla termocamera. Se utilizzata in altiforni e in altre applicazioni a temperatura elevata senza la dovuta protezione termica, la termocamera potrebbe danneggiarsi.
- (solo per termocamere con otturatore automatico che può essere disabilitato.) Non disabilitare l'otturatore automatico della termocamera per un periodo prolungato di tempo (max 30 minuti). Superato questo tempo, è possibile che il rilevatore si danneggi, anche irreparabilmente.
- La classe di protezione è valida solo quando tutte le aperture della termocamera sono sigillate dai coperchi, sportellini e cappucci appositi, inclusi, ma non solo, i vani della memoria, delle batterie e dei connettori.

2 Nota per l'utente

Convenzioni tipografiche

Nel presente manuale vengono utilizzate le seguenti convenzioni tipografiche:

- Grassetto leggero viene utilizzato per i nomi e i comandi dei menu, nonché per le etichette e i pulsanti delle finestre di dialogo.
- Corsivo viene utilizzato per informazioni importanti.
- Monospace viene utilizzato per gli esempi di codice.
- MAIUSCOLO viene utilizzato per i nomi dei tasti e dei pulsanti.

Forum degli utenti

Nei forum degli utenti è possibile scambiare idee, problemi e soluzioni termografiche con altri operatori di tutto il mondo. Per accedere ai forum, visitare il sito:

http://www.infraredtraining.com/community/boards/

Calibrazione

Questo avviso si applica solo alle termocamere con capacità di misurazione.

Si consiglia di inviare la termocamera per la calibrazione una volta all'anno. Rivolgersi all'ufficio commerciale locale per l'indirizzo a cui inviare la termocamera.

Precisione

Questo avviso si applica solo alle termocamere con capacità di misurazione.

Per ottenere risultati precisi si consiglia di attendere 5 minuti dopo l'avvio della termocamera prima di misurare la temperatura.

Per le termocamere il cui rilevatore è raffreddato meccanicamente, questo periodo di tempo non comprende quello previsto per il raffreddamento del rilevatore.

Smaltimento di materiale elettronico



Come perla maggior parte dei prodotti elettronici, è necessario predisporre lo smaltimento di questa attrezzatura in conformità alle norme esistenti in materia di tutela ambientale e gestione dei rifiuti elettronici.

Per ulteriori informazioni, contattare il rappresentante FLIR Systems.

Formazione

Per informazioni sui corsi disponibili relativi alla termografia, visitare il sito:

- http://www.infraredtraining.com
- http://www.irtraining.com
- http://www.irtraining.eu

Ulteriori informazioni sulla licenza

La licenza consente all'utente di installare e utilizzare il software su qualsiasi computer compatibile, posto che tale software venga utilizzato solo su un massimo di due (2) computer contemporaneamente (ad esempio su un portatile, per l'acquisizione dei dati sul posto e su un desktop per eseguire le analisi in ufficio).

A scopo di archiviazione, è concesso effettuare una (1) copia di backup.

3 Assistenza ai clienti

Info generali

Per ottenere l'assistenza clienti, visitare il sito:

http://support.flir.com

Invio di una domanda

Per sottoporre una domanda al team dell'assistenza clienti è necessario essere un utente registrato. La registrazione online richiede solo pochi minuti e non è obbligatoria invece per cercare domande e risposte esistenti nella knowledge base.

Quando si desidera sottoporre una domanda, tenere a portata di mano le seguenti informazioni:

- Modello di termocamera
- Numero di serie della termocamera
- Protocollo o tipo di collegamento fra la termocamera e il PC (ad esempio, Ethernet, USB™ o FireWire™)
- Sistema operativo installato nel computer
- Versione di Microsoft® Office
- Nome completo, numero di pubblicazione e versione del manuale

Download

Dal sito dell'assistenza clienti è inoltre possibile scaricare quanto segue:

- Aggiornamenti del firmware per la termocamera
- Aggiornamenti del programma per il software del PC
- Manuale dell'utente
- Esempi di applicazioni
- Pubblicazioni tecniche

4 Aggiornamenti della documentazione

Info generali

I manuali FLIR vengono aggiornati più volte all'anno. Inoltre pubblichiamo regolarmente notifiche relative alle modifiche di prodotto.

Per accedere ai manuali e alle notifiche più recenti, passare alla scheda Download all'indirizzo:

http://support.flir.com

La registrazione online richiede solo pochi minuti. Nell'area Download sono inoltre disponibili le versioni più recenti dei manuali di tutti i prodotti FLIR attuali, storici e obsoleti.

5 Nota importante sul manuale

Info generali

FLIR Systems pubblica manuali generici relativi a diverse termocamere all'interno di una linea di modelli.

Nel presente manuale potrebbero pertanto essere presenti descrizioni e spiegazioni non applicabili a una termocamera particolare.

NOTA

FLIR Systems si riserva il diritto di interrompere la produzione di modelli, software, parti o accessori e di altri elementi o di cambiarne le specifiche e/o le funzioni in qualunque momento senza alcun preavviso.

6 Panoramica di modelli di termocamera

6.1 FLIR A300

T638517;a1



La termocamera FLIR A300 offre una soluzione economica per la misurazione accurata della temperatura per chiunque desideri risolvere problemi che non richiedono la massima velocità o reazione ed utilizzi un PC. Per via del suo output video composito, costituisce una scelta eccellente anche per applicazioni di automazione con immagini termiche, nelle quali è possibile utilizzare le proprietà uniche, ad esempio l'osservazione attraverso il vapore.

Caratteristiche principali:

- Riproduzione MPEG-4
- PoE (Power over Ethernet)
- Server Web incorporato
- I/O a utilizzo generico
- Ethernet 100 Mbps (cavo 100 m, wireless, fibra e così via)
- Sincronizzazione mediante SNTP
- Output video composito
- Software utility con più termocamere: IP Config Utility e IR Monitor inclusi
- Protocollo TCP/IP aperto e ben descritto per le operazioni di controllo e configurazione
- Immagini 320 × 240 a 16 bit @ 3 Hz, radiometrica
- Obiettivi: 25° incluso, 15° e 45° opzionali

Applicazioni tipiche:

 Antincendio, Critical Vessel Monitoring e gestione dei dispositivi di distribuzione dell'energia Controllo industriale orientato su grandi volumi di strumenti (installazione con più termocamere possibile)

6.2 FLIR A310

T638517;a



La termocamera FLIR A310 offre una soluzione per la misurazione della temperatura precisa ed economica per chiunque desideri risolvere problemi che richiedono una "intelligenza" incorporata, ad esempio analisi, funzionalità di allarme e comunicazione autonoma utilizzando protocolli standard. La termocamera FLIR A310 dispone inoltre di tutte le caratteristiche funzioni necessarie per creare soluzioni a una o più termocamere distribuite utilizzando protocolli hardware e software Ethernet standard.

La termocamera FLIR A310 dispone inoltre di supporto incorporato per il collegamento ad apparecchiature di controllo industriale, ad esempio PLC, e consente la condivisione di analisi e di risultati di allarme e controllo semplice utilizzando il protocollo del bus di campo TCP Ethernet/IP e Modbus.

Caratteristiche principali:

- Supporto per il protocollo del bus di campo EthernetIP (analisi, allarme e controllo termocamera semplice)
- Supporto per il protocollo del bus di campo TCP Modbus (analisi, allarme e controllo termocamera semplice)
- Funzionalità di analisi completa incorporata
- Funzionalità di allarme completa, come funzione di analisi e altro
- Su pianificazione: invio di file (FTP) o e-mail (SMTP) di risultati di analisi o immagini
- Su allarmi: invio di file (FTP) o e-mail (SMTP) di risultati di analisi o immagini
- Riproduzione MPEG-4
- PoE (Power over Ethernet)
- Server Web incorporato
- I/O a utilizzo generico
- Ethernet 100 Mbps (cavo 100 m, wireless, fibra e così via)
- Sincronizzazione mediante SNTP
- Output video composito

- Software utility con più termocamere: IP Config Utility e IR Monitor inclusi
- Protocollo TCP/IP aperto e ben descritto per le operazioni di controllo e configurazione
- Immagini 320 × 240 a 16 bit @ 7–8 Hz, radiometrica
- Obiettivi: 25° incluso, 15° e 45° opzionali

Applicazioni tipiche:

- Sicurezza con allarmi di temperatura (applicazioni con più termocamere), antincendio, Critical Vessel Monitoring e gestione dei dispositivi di distribuzione dell'energia
- Controllo industriale orientato su grandi volumi di strumenti (installazione con più termocamere possibile)

6.3 FLIR A315

T638517;a1



La termocamera FLIR A315 dispone di caratteristiche e funzioni che la rendono la scelta ideale per chiunque utilizzi software PC per la risoluzione dei problemi e nei casi in cui la risoluzione a 320 × 240 pixel sia sufficiente. Una delle sue caratteristiche principali è la compatibilità con GigE Vision™ e GenlCam™, che consente la procedura plug-and-play se utilizzata con pacchetti software quali IMAQ Vision e Halcon.

Caratteristiche principali:

- Costo contenuto
- Compatibile con GigE
- Compatibile con GenlCam
- Trigg/sincronizzazione/GPIO
- Immagini 320 × 240 a 16 bit @ 60 Hz, segnale, lineare in temperatura e radiometrica
- Compatibile con qualsiasi software che supporta GenlCam, inclusi National Instruments IMAQ Vision e Stemmers Common Vision Blox
- Obiettivi: 25° incluso, 15° e 45° opzionali

Applicazioni tipiche:

- Elaborazione di immagini termiche ad alto livello che richiedono misurazioni della temperatura
- Rilevamento di scorie
- Industria alimentare
- Test di componenti elettronici
- Test di resistenze di potenza
- Settore automobilistico

6.4 FLIR A320 Tempscreen

T638517;a



La termocamera FLIR A320 Tempscreen è preconfigurata per il funzionamento ottimale in applicazioni in cui si desidera individuare deviazioni della temperatura in una popolazione umana, utilizzando allarmi di temperatura di differenza con una temperatura di riferimento aggiornata in modo dinamico.

Inoltre, la termocamera FLIR A320 Tempscreen offre una soluzione di misurazione della temperatura precisa ed economica per chiunque desideri risolvere problemi che richiedono una "intelligenza" incorporata, ad esempio analisi, funzionalità di allarme e comunicazione autonoma utilizzando protocolli standard. La termocamera FLIR A320 Tempscreen dispone inoltre di tutte le caratteristiche e funzioni necessarie per creare soluzioni a una o più termocamere distribuite utilizzando protocolli hardware e software Ethernet standard.

Caratteristiche principali:

- Screening: allarme di temperatura di differenza con una temperatura di riferimento aggiornata in modo dinamico (visualizzata dall'isoterma)
- Funzionalità di analisi completa incorporata
- Funzionalità di allarme completa, come funzione di analisi e altro
- Su pianificazione: invio di file (FTP) o e-mail (SMTP) di risultati di analisi o immagini
- Su allarmi: invio di file (FTP) o e-mail (SMTP) di risultati di analisi o immagini
- Riproduzione MPEG-4
- PoE (Power over Ethernet)
- Server Web incorporato

- I/O a utilizzo generico
- Ethernet 100 Mbps (cavo 100 m, wireless, fibra e così via)
- Sincronizzazione mediante SNTP
- Output video composito
- Software utility con più termocamere: IP Config Utility e IR Monitor inclusi
- Protocollo TCP/IP aperto e ben descritto per le operazioni di controllo e configurazione
- Immagini 320 × 240 a 16 bit in tempo quasi reale, segnale e temperatura lineare
- Obiettivi: 25° incluso, 15° e 45° opzionali

Applicazioni tipiche:

- Sicurezza con allarmi di temperatura (applicazioni con più termocamere), antincendio, Critical Vessel Monitoring e gestione dei dispositivi di distribuzione dell'energia
- Controllo industriale orientato su grandi volumi di strumenti (installazione con più termocamere possibile)

6.5 FLIR A615

T638519;a1



La termocamera FLIR A615 dispone di caratteristiche e funzioni che la rendono la scelta ideale per chiunque utilizzi software PC per la risoluzione dei problemi e nei casi in cui sia necessaria una risoluzione di 640 × 480 pixel. Una delle sue caratteristiche principali è la compatibilità con GigE Vision™ e GenlCam™, che consente la procedura plug-and-play se utilizzata con pacchetti software quali IMAQ Vision e Halcon.

Caratteristiche principali:

- Costo contenuto
- Compatibile con GigE
- Compatibile con GenlCam
- Trigg/sincronizzazione/GPIO
- Immagini 640 × 480 a 16 bit @ 50 Hz, segnale, lineare in temperatura e radiometrica
- Modalità a finestre: 640 × 240 @ 100 Hz o 640 × 120 @ 200 Hz

- Compatibile con qualsiasi software che supporta GenlCam, inclusi National Instruments IMAQ Vision e Stemmers Common Vision Blox
- Protocollo TCP/IP aperto e ben descritto per le operazioni di controllo e configurazione
- Obiettivi: 25° incluso, 15° e 45° opzionali

Applicazioni tipiche:

- Elaborazione di immagini termiche ad alto livello che richiedono misurazioni della temperatura
- Rilevamento di scorie
- Industria alimentare
- Test di componenti elettronici
- Test di resistenze di potenza
- Settore automobilistico

7 Elenco dei materiali

Info generali

Il numero di parti e accessori inclusi varia a seconda del modello e/o della configurazione personalizzata della termocamera.

Contenuto

- Valigetta di trasporto rigida o scatola di cartone
- Termocamera ad infrarossi con obiettivo
- CD-ROM ThermoVision™ System Tools & Utilities
- CD-ROM delle applicazioni
- Certificato di calibrazione
- Cavo Ethernet™
- Cavo di alimentazione
- Cavo di alimentazione, spiralato
- Alimentatore
- Guida introduttiva stampata
- Guida per informazioni importanti stampata
- CD-ROM User Documentation
- Scheda di estensione della garanzia o scheda di registrazione
- morsetto a vite a sei poli (montato su termocamera)
- Valigetta di trasporto rigida o scatola di cartone
- Cavo USB

NOTA

FLIR Systems si riserva il diritto di interrompere la produzione di alcuni modelli, parti o accessori e di altri elementi o di cambiarne le specifiche in qualunque momento senza alcun preavviso.

8 Installazione

8.1 Informazioni generali

Descrizione

Nel CD delle applicazioni ThermoVision™ System Tools & Utilities sono inclusi i seguenti programmi:

- FLIR IP Config: un programma di installazione e configurazione per rilevare e individuare FLIR termocamere di automazione e scientifiche su una rete e assegnare automaticamente o impostare manualmente indirizzi IP.
- FLIR IR Monitor: un programma per controllare termocamere di automazione e scientifiche FLIR su una rete. In genere, si utilizza FLIR IR Monitor per modificare le impostazioni della termocamera, disporre strumenti di misurazione sullo schermo, impostare allarmi e così via.
- FLIR IR Camera Player: un lettore video e controllo remoto basato su PC per termocamere IR di FLIR Systems.
- Un collegamento a un'installazione Web di FLIR AXXX Control & Image Interfaces: un'installazione che include ICD (Interface Control Documents), documentazione per l'utente ed esempi in codice C. Si consiglia di leggere la documentazione.

Percorsi di installazione predefiniti

- C:\Program Files\FLIR Systems\FLIR IP Config
- C:\Program Files\FLIR Systems\FLIR IR Monitor
- C:\Program Files\FLIR Systems\FLIR IR Camera Player
- C:\Program Files\FLIR Systems\AXXX Control & Image Interfaces

NOTA

La funzionalità nei programmi PC dipende dal modello di termocamera.

8.2 Requisiti di sistema

Sistema operativo

- Microsoft® Windows® XP Professional, con Service Pack 2 (SP2)
- Microsoft® Windows® Vista Ultimate a 32 bit
- Microsoft® Windows® 7, a 32 e a 64 bit

Hardware

- PC con processore da 2 GHz a 32 o a 64 bit
- 1 GB di RAM o superiore
- 20 GB di spazio su disco rigido
- Monitor con risoluzione Super VGA (1024 × 768) o superiore
- Supporto per grafica DirectX 9 con:
 - Driver WDDM
 - 128 MB di memoria grafica (minimo)
 - Pixel Shader 2.0 (nell'hardware)
 - 32 bit per pixel
- Unità DVD-ROM
- Uscita audio
- Tastiera e mouse Microsoft® o altro dispositivo di puntamento compatibile

Software

Microsoft® Internet Explorer 6 o versioni successive

VEDERE

Per informazioni specifiche sui requisiti di sistema relativi ai sistemi operativi menzionati, visitare il sito Web: http://www.microsoft.com/windows/.

8.3 Installazione

Info generali

Il file **read-me** nel CD-ROM contiene le ultime modifiche apportate e altre informazioni importanti. Si consiglia di leggere il file prima di procedere all'installazione dei programmi.

NOTA

- In caso di problemi durante l'installazione, visitare la nostra Assistenza ai clienti inserendo nel browser in uso l'indirizzo http://support.flir.com.
- Per installare i programmi è necessario accedere come amministratore o come utente provvisto di diritti di amministratore.
- L'installazione completa include diversi programmi secondari, alcuni dei quali di terze parti. Non interrompere l'installazione di tali programmi in quanto necessari per l'installazione completa.
- L'installazione completa può richiedere 10 minuti.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Chiudere tutte le applicazioni.	
2	Inserire il CD-ROM ThermoVision™ System Tools & Utilities nell'unità CD-ROM del computer. L'installazione dovrebbe avviarsi automaticamente.	
	Se l'installazione non dovesse iniziare automaticamente, avviare Esplora risorse di Windows [®] e fare doppio clic sul file SETUP.HTM presente nel CD-ROM.	
3	Fare clic su una delle seguenti opzioni: Install FLIR IP Config. Install FLIR IR Monitor. Install FLIR Camera Player. Install AXXX Control & Image Interfaces.	
4	Seguire le istruzioni visualizzate.	

9 Installazione meccanica

9.1 Installazione di termocamere fisse

Interfacce di montaggio

L'unità termocamera è stata progettata per consentirne il montaggio in qualsiasi posizione. L'involucro esterno dispone di tre interfacce di montaggio – parte inferiore, sinistra e destra – ciascuna con i seguenti fori filettati.

FLIR Termocamere A3XX:

- Fori filettati metrici 2 × M4
- Punto di fissaggio del treppiede 1 × UNC 1/4-20 standard.

FLIR Termocamere A6XX:

- Fori filettati metrici 2 x M4
- Punto di fissaggio del treppiede 1 × UNC ½-20 standard.

Note sul montaggio permanente

Per montare l'unità termocamera nel sito di applicazione in modo permanente, è necessario seguire una determinata procedura.

Potrebbe essere necessario racchiudere l'unità termocamera in una custodia esterna protettiva, a seconda delle condizioni ambientali (ad esempio la temperatura), tale involucro esterno potrebbe richiedere un raffreddamento o un riscaldamento mediante acqua o aria.

In ambienti particolarmente polverosi potrebbe essere necessario dotare l'installazione di un getto di aria pressurizzata rivolto verso l'obiettivo per evitare accumuli di polvere.

Vibrazioni

Se l'unità termocamera viene montata in presenza di condizioni ambientali difficili, sarà necessario adottare ogni precauzione per proteggere l'unità.

Qualora l'unità venisse esposta a forti vibrazioni, potrebbe essere necessario bloccare le viti di montaggio mediante Loctite™ o qualsiasi altro adesivo liquido industriale frenafiletti, nonché attutire le vibrazioni fissando l'unità termocamera su una base di montaggio progettata appositamente.

Ulteriori informazioni

Per ulteriori informazioni sui suggerimenti per il montaggio e sugli involucri ambientali, contattare FLIR Systems.

9.2 Montaggio e rimozione degli obiettivi (FLIR A3xxseries)

9.2.1 Installazione di un obiettivo a infrarossi aggiuntivo

NOTA

Non toccare la superficie dell'obiettivo a infrarossi durante il montaggio. In caso contrario, pulire l'obiettivo in base alle istruzioni incluse nella sezione 13.2 – Obiettivo a infrarossi a pagina 33.

Procedura

Per installare un obiettivo a infrarossi aggiuntivo, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere il pulsante di sgancio dell'obiettivo per sbloccare la ghiera dell'obiettivo. La ghiera dell'obiettivo è in plastica e sostiene il copriobiettivo di plastica.
2	Ruotare la ghiera dell'obiettivo di 30 gradi in senso antiorario (osservando frontalmente l'obiettivo).
3	Estrarre con cautela la ghiera dell'obiettivo dall'anello dell'innesto a baionetta.
4	Posizionare correttamente l'obiettivo davanti all'anello dell'innesto a baionet- ta.
5	Spingere l'obiettivo con cautela in posizione.
6	Ruotare l'obiettivo di 30° in senso orario (osservando frontalmente l'obiettivo).

9.2.2 Rimozione di un obiettivo a infrarossi aggiuntivo

NOTA

- Non toccare la superficie dell'obiettivo a infrarossi durante la rimozione. In caso contrario, pulire l'obiettivo in base alle istruzioni incluse nella sezione 13.2 – Obiettivo a infrarossi a pagina 33.
- Quando si rimuove l'obiettivo, applicarvi immediatamente l'apposito cappuccio per proteggerlo da polvere e impronte.

Procedura

Per rimuovere un obiettivo a infrarossi aggiuntivo, attenersi alla procedura seguente:

1	Premere il pulsante di sgancio dell'obiettivo per sbloccare l'obiettivo.	
2	Ruotare l'obiettivo di 30° in senso antiorario (osservando frontalmente l'obiettivo).	
3	Estrarre con cautela l'obiettivo dall'apposito anello dell'innesto a baionetta.	
4	Posizionare correttamente la ghiera dell'obiettivo davanti all'anello dell'innesto a baionetta.	
5	Spingere la ghiera dell'obiettivo con cautela in posizione.	
6	Ruotare la ghiera dell'obiettivo di 30° in senso orario (osservando frontalmente l'obiettivo).	

9.3 Montaggio e rimozione degli obiettivi (FLIR A6xx series)

9.3.1 Rimozione di un obiettivo a infrarossi

NOTA

- Non toccare la superficie dell'obiettivo a infrarossi durante la rimozione. In caso contrario, pulire l'obiettivo in base alle istruzioni incluse nella sezione 13.2 – Obiettivo a infrarossi a pagina 33.
- Quando si rimuove l'obiettivo, applicarvi immediatamente l'apposito cappuccio per proteggerlo da polvere e impronte.

Procedura

Per rimuovere un obiettivo ad infrarossi, attenersi alla procedura seguente:

- 1 Ruotare l'obiettivo di 30° in senso antiorario (osservando frontalmente l'obiettivo).
- 2 Estrarre con cautela l'obiettivo dall'apposito anello dell'innesto a baionetta.

9.3.2 Montaggio di un obiettivo ad infrarossi

NOTA

Non toccare la superficie dell'obiettivo a infrarossi durante il montaggio. In caso contrario, pulire l'obiettivo in base alle istruzioni incluse nella sezione 13.2 – Obiettivo a infrarossi a pagina 33.

Procedura

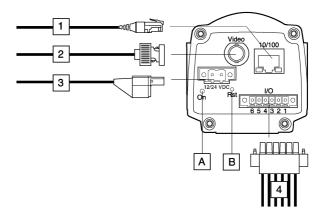
Per montare un obiettivo ad infrarossi, attenersi alla procedura seguente:

1	Posizionare correttamente l'obiettivo davanti all'anello dell'innesto a baionet- ta.
2	Spingere l'obiettivo con cautela in posizione.
3	Ruotare il copriobiettivo di 30° in senso orario (osservando frontalmente l'obiettivo), finché non si sente un clic.

10 Connettori, controlli e indicatori

FLIR serie A3XX

10769803;a2



Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

1	Cavo di rete con un connettore RJ45 per connettività Ethernet™ e PoE™ (in funzione del modello di termocamera)
	Nota: con questa termocamera è necessario utilizzare esclusivamente cavi Ethernet™ CAT-6.
2	Cavo video con un connettore BNC per output CVBS (video composito) (in base al modello di termocamera)
3	Cavo di alimentazione per ingresso 12–24 VCC
	Nota: il connettore di alimentazione sulla termocamera è protetto da inversione di polarità.
4	Porte I/O digitali, optoisolate (morsetto a vite a sei poli)
	Configurazione dei pin:
	1 IN 1
	2 IN 2
	3 OUT 1
	4 OUT 2
	5 I/O +
	6 I/O –
	Per una panoramica sullo schema delle porte I/O digitali, vedere pagina 36.

В

A Indicatore di alimentazione

Nota: i LED indicano quanto riportato di seguito:

Tipo di segnale	Descrizione
Il LED arancione è accesso e fisso.	La termocamera è in fase di avvio.
Il LED rosso è accesso e fisso.	È stato rilevato un errore. Contatta- re l'assistenza.
Il LED verde è accesso e fisso.	La termocamera è avviata.
II LED lampeggia 10 volte al secondo.	È stato rilevato un errore. Contatta- re l'assistenza.

Pulsante di reset hardware (per ripristino delle impostazioni di fabbrica)

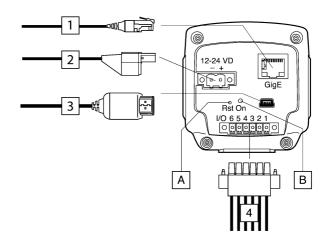
Utilizzare una graffetta non piegata o uno strumento simile per premere il pulsante di reset nel piccolo foro sul retro della termocamera per 5 secondi, quindi rilasciare il pulsante.

NOTA

La lunghezza dei cavi per porte I/O digitali deve essere al massimo $100\ m.$

FLIR serie A6XX

T638542;a1



Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura sopra riportata:

	1	Cavo di rete con un connettore RJ45 per connettività Ethernet™ e PoE™ (in funzione del modello di termocamera)
		Nota: con questa termocamera è necessario utilizzare esclusivamente cavi Ethernet™ CAT-6.
	2	Cavo di alimentazione per ingresso 12-24 VCC
		Nota: il connettore di alimentazione sulla termocamera è protetto da inversione di polarità.
	3	Cavo USB con un connettore USB mini-B per operazioni di controllo e trasferimento immagini.
ĺ	4	Porte I/O digitali, optoisolate (morsetto a vite a sei poli)
		Configurazione dei pin:
		1 IN 1
		2 IN 2 3 OUT 1
		4 OUT 2
		5 I/O +
		6 I/O –
		Per una panoramica sullo schema delle porte I/O digitali, vedere pagina 36.
ĺ	Α	Pulsante di reset hardware (per ripristino delle impostazioni di fabbrica)
		Utilizzare una graffetta non piegata o uno strumento simile per premere il pulsante di reset nel piccolo foro sul retro della termocamera per 5 secondi, quindi rilasciare il pulsante.

B Indicatore di alimentazione

Nota: i LED indicano quanto riportato di seguito:

Tipo di segnale	Descrizione
Il LED arancione è accesso e fisso.	La termocamera è in fase di avvio.
Il LED rosso è accesso e fisso.	È stato rilevato un errore. Contatta- re l'assistenza.
Il LED verde è accesso e fisso.	La termocamera è avviata.
II LED lampeggia 10 volte al secondo.	È stato rilevato un errore. Contatta- re l'assistenza.

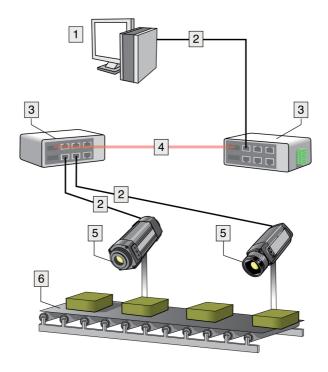
NOTA

La lunghezza dei cavi per porte I/O digitali deve essere al massimo $100\ m.$

11 Esempi di panoramiche del sistema

Figura

10777403;a3



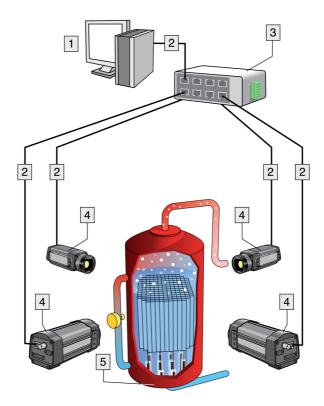
Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura:

1	Computer
2	Cavo Ethernet™ CAT-6 con connettori RJ45
3	Switch Ethernet™ industriali con porte in fibra ottica
4	Cavo in fibra ottica
5	FLIR Termocamere A3XX/A6XX
6	Processo industriale da monitorare, ad esempio elementi su un nastro trasportatore

Figura

10777503;a3



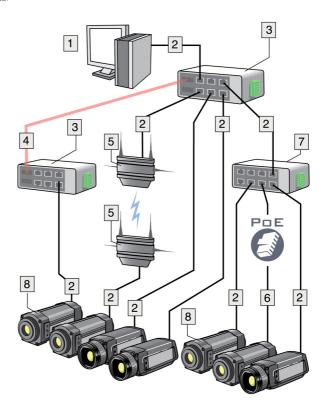
Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura:

1	Computer
2	Cavo Ethernet™ CAT-6 con connettori RJ45
3	Switch Ethernet™ industriale
4	FLIR Termocamere A3XX/A6XX
5	Processo industriale da monitorate, ad esempio un gassificatore

Figura

10777603;a4



Descrizione

In questa tabella viene fornita una spiegazione della figura:

1	Computer
2	Cavo Ethernet™ CAT-6 con connettori RJ45
3	Switch Ethernet™ industriali con porte in fibra ottica
4	Cavo in fibra ottica
5	Punti di accesso wireless
6	Cavo Ethernet™ CAT-6 con connettori RJ45—che alimentano la termocamera utilizzando PoE (Power over Ethernet™, in funzione del modello di termocamera)
7	Switch Ethernet™ industriale
8	FLIR Termocamere A3XX/A6XX

12 Screening temperatura

Applicabilità

Questa sezione riguarda i seguenti modelli di termocamera:

- FLIR A320 (30 Hz) Temp screen
- FLIR A320 (9 Hz) Temp screen

Descrizione della funzione

La funzione di screening consente di analizzare un gran numero di persone e rilevare le temperature del volto al di sopra di un valore di riferimento.

Quando viene rilevata una temperatura elevata, la termocamera emette un allarme visivo e/o acustico.

NOTA

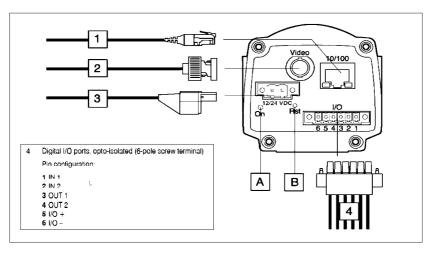
- È possibile modificare la temperatura 2°C (descritta di seguito) utilizzando la scheda Screening in FLIR IR Monitor (incluso in ThermoVision™ System Tools & Utilities 1.5.1 HF2 (1.5.1.16)). HF2 può essere scaricato dal sito Web all'indirizzo http://support.flir.com.
- È necessario che la termocamera sia in esecuzione da almeno 30 minuti prima di eseguire misurazioni.
- La distanza dal volto deve essere regolata in modo che il volto copra più del 75% della larghezza dell'immagine.

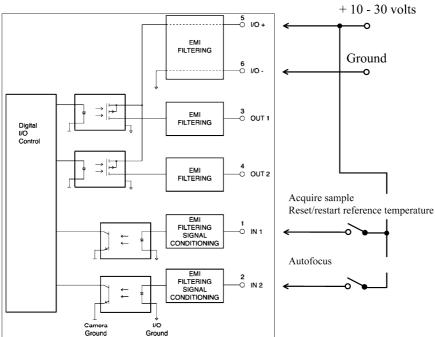
Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Collegare la termocamera a un monitor video.
2	Collegare la termocamera all'alimentazione.
3	Collegare la porta IN 1 a $+10$ -30 VCC, utilizzando cavi e un contatto elettrico NO (normalmente aperto).
4	Puntare la termocamera su un volto (all'angolo interno dell'occhio) che si presume abbia una temperatura normale. Chiudere il contatto per un periodo inferiore a 2 secondi per acquisire un campione di temperatura. Ripetere questa procedura su almeno 10 volti con presupposte temperature normali. A questo punto la temperatura di riferimento è stata impostata. Se si desidera reimpostare e riavviare la temperatura di riferimento, chiudere lo switch per un periodo superiore a 2 secondi. Per dettagli di configurazione, vedere il disegno schematico nella pagina successiva.
5	Ora è possibile iniziare lo screening. Puntare la termocamera sul volto dei soggetti di cui si intende rilevare la temperatura (all'angolo interno dell'occhio). Se la temperatura del volto di un soggetto supera di oltre 2°C la temperatura di riferimento impostata, viene attivato un allarme.

Screening of elevated facial temperatures using FLIR A320





13 Pulizia della termocamera

13.1 Rivestimento esterno, cavi e altri componenti della termocamera

Liquidi

Utilizzare uno dei liquidi seguenti:

- Acqua calda
- Una soluzione detergente non aggressiva

Dotazione necessaria

Un panno morbido

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Immergere il panno nel liquido.
2	Strizzare il panno per rimuovere il liquido in eccesso.
3	Con il panno, pulire la parte desiderata.

ATTENZIONE

Non utilizzare solventi o liquidi equivalenti sulla termocamera, i cavi e gli altri componenti. Potrebbero danneggiarsi.

13.2 Obiettivo a infrarossi

Liquidi

Utilizzare uno dei liquidi seguenti:

- 96% di alcol etilico (C₂H₅OH).
- DEE (= 'etere' = dietiletere, C₄H₁0O).
- 50% di acetone (= dimetilchetone, (CH₃)₂CO)) + 50% di alcol etilico (in volume).
 Questo liquido impedisce la formazione di aloni sull'obiettivo dovuti all'asciugatura.

Dotazione necessaria

Batuffolo di cotone

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Immergere un batuffolo di cotone nel liquido.
2	Strizzare il batuffolo di cotone per rimuovere il liquido in eccesso.
3	Pulire l'obiettivo solo una volta e gettare il batuffolo di cotone.

AVVERTENZA

Prima di utilizzare un liquido, leggere attentamente tutte le relative schede con i dati di sicurezza del materiale (MSDS, Material Safety Data Sheets) e le etichette con le avvertenze applicate sui contenitori. I liquidi possono essere pericolosi.

ATTENZIONE

- Quando si pulisce l'obiettivo a infrarossi, procedere con cautela. L'obiettivo è dotato di un rivestimento antiriflesso.
- Non eccedere nella pulizia dell'obiettivo a infrarossi. Il rivestimento antiriflesso potrebbe rovinarsi.

13.3 Rilevatore ad infrarossi

Info generali

Anche una piccola quantità di polvere sul rilevatore ad infrarossi può dar luogo a delle imperfezioni sull'immagine. Per rimuoverne qualsiasi traccia, attenersi alla procedura seguente.

NOTA

- Questa sezione fa riferimento a termocamere in cui la rimozione dell'obiettivo lascia scoperto il rilevatore ad infrarossi.
- In alcuni casi è impossibile rimuovere la polvere con questa procedura ed è necessario richiedere l'intervento di personale di assistenza qualificato per pulire il rilevatore meccanicamente.

ATTENZIONE

Nel passaggio 2 riportato di seguito, non utilizzare aria compressa di un impianto industriale e fonti simili; l'aria compressa contiene anche particelle di olio destinate a lubrificare gli utensili.

Procedura

Attenersi alla procedura seguente:

1	Rimuovere l'obiettivo dalla termocamera.
2	Soffiare via la polvere utilizzando aria compressa delle bombolette.

14 Dati tecnici

Per i dati tecnici, fare riferimento alle schede tecniche sul CD-ROM User Documentation, in dotazione con la termocamera.

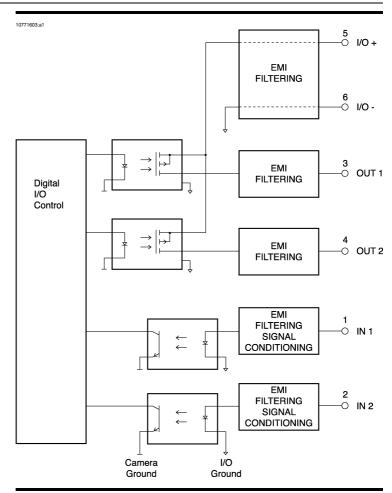
Le schede tecniche sono disponibili anche sul sito Web all'indirizzo http://support.flir.com.

15 Configurazioni dei pin

Configurazione dei pin per il connettore I/O

Pin	Configurazione
1	IN 1
2	IN 2
3	OUT 1
4	OUT 2
5	I/O +
6	I/O –

Panoramica schematica delle porte I/O digitali



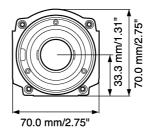
16 Disegni meccanici

16.1 FLIR A3xxseries

16.1.1 Dimensioni termocamera (anteriore)

Figura

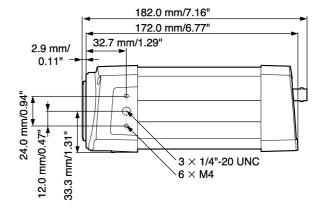
10770303;a1



16.1.2 Dimensioni termocamera (laterale)

Figura

10770403;a1

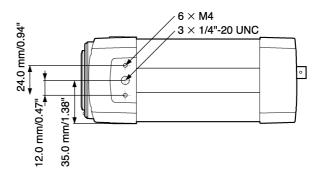


NOTA

16.1.3 Dimensioni termocamera (inferiore)

Figura

10770503;a1

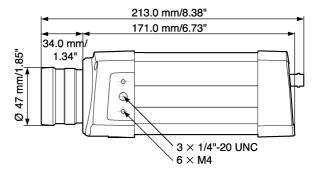


NOTA

16.1.4 Dimensioni termocamera (con obiettivo 10 mm/45°)

Figura

10770603;a1

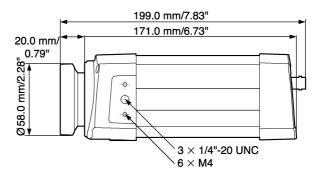


NOTA

16.1.5 Dimensioni termocamera (con obiettivo 30 mm/15°)

Figura

10770703;a1

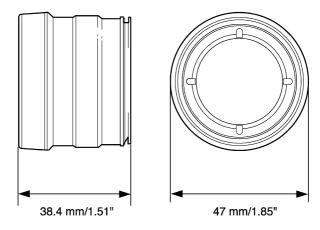


NOTA

16.1.6 Obiettivo a infrarossi (10 mm/45°)

Figura

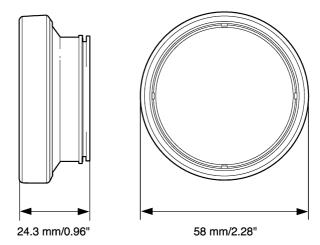
10762403;a1



16.1.7 Obiettivo a infrarossi (30 mm/15°)

Figura

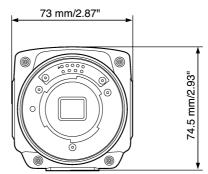
10762503;a1



16.2 FLIR A6xx series

16.2.1 Dimensioni termocamera (vista frontale, senza obiettivo)

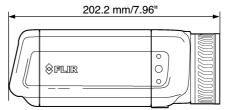
Figura T638548;a1



16.2.2 Dimensioni termocamera (vista laterale, senza obiettivo)

Figura

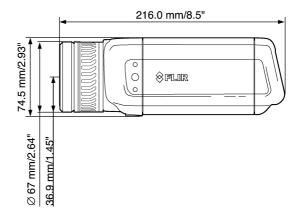
T638546;a1



16.2.3 Dimensioni termocamera (vista laterale, con obiettivo 24,5 mm/25°)

Figura

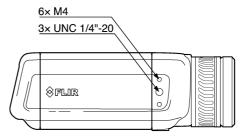
T638545;a1



16.2.4 Specifica di interfacce di montaggio, 1

Figura

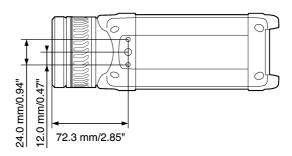
T638550;a1



16.2.5 Specifica di interfacce di montaggio, 2

Figura

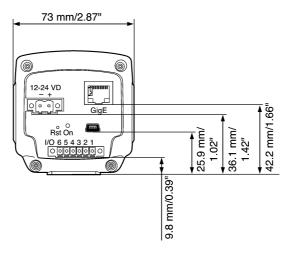
T638544;a1



16.2.6 Dimensioni termocamera (vista posteriore)

Figura

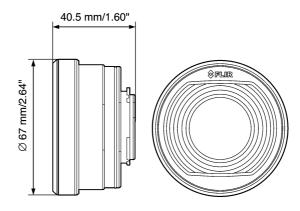
T638547;a1



16.2.7 Obiettivo a infrarossi (24,5 mm/25°)

Figura

T638549;a1



17 Informazioni su FLIR Systems

FLIR Systems è stata fondata nel 1978 con l'obiettivo di sviluppare innovativi sistemi di imaging termico a elevate prestazioni e si è affermata come leader internazionale nel settore della progettazione, produzione e distribuzione di tali sistemi per un'ampia gamma di applicazioni commerciali, industriali e istituzionali. FLIR Systems include oggi cinque delle maggiori società che vantano straordinari risultati nel settore della tecnologia termica, dal 1958: la svedese AGEMA Infrared Systems (precedentemente nota come AGA Infrared Systems), le tre aziende statunitensi Indigo Systems, FSI e Inframetrics e la società francese Cedip. Nel novembre 2007, FLIR Systems ha acquisito Extech Instruments.

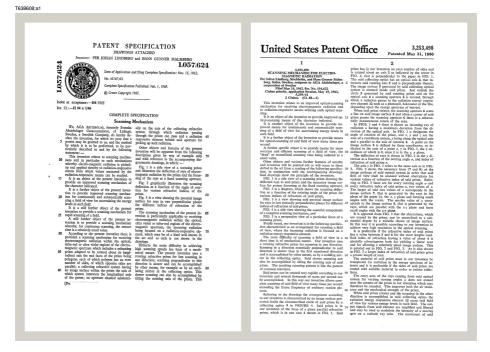


Figura 17.1 Documenti di brevetto dagli inizi degli anni 1960

La società ha venduto oltre 135 832 termocamere ad infrarossi in tutto il mondo per utilizzi quali manutenzione preventiva, R & D, test non distruttivi, controllo e automazione dei processi, visione artificiale e molti altri ancora.

FLIR Systems dispone di tre stabilimenti produttivi negli Stati Uniti (Portland, OREGON, Boston, MASSACHUSSETS, Santa Barbara, CALIFORNIA) e uno in Svezia (Stoccolma). Dal 2007 ha uno stabilimento produttivo anche a Tallinn, Estonia. È inoltre presente

con uffici commerciali in Belgio, Brasile, Cina, Francia, Germania, Gran Bretagna, Hong Kong, Italia, Giappone, Corea, Svezia e USA, i quali, coadiuvati da una rete mondiale di agenti e distributori, supportano la base di clienti internazionali della società.

FLIR Systems è una società innovativa nel settore delle termocamere a infrarossi in grado di anticipare la domanda del mercato migliorando costantemente i prodotti esistenti e sviluppandone di nuovi. La storia della società è costellata di importanti innovazioni che hanno segnato tappe fondamentali nella progettazione e nello sviluppo del prodotto, quali, ad esempio, l'introduzione della prima termocamera portatile a batteria per le ispezioni industriali e della prima termocamera a infrarossi senza raffreddamento, solo per citarne un paio.





Figura 17.2 SINISTRA: Thermovision® Modello 661 del 1969. La termocamera pesava circa 25 kg, l'oscilloscopio 20 kg e lo stativo 15 kg. L'operatore inoltre doveva procurarsi un gruppo elettrogeno da 220 VCA e un contenitore da 10 litri con azoto liquido. Alla sinistra dell'oscilloscopio è visibile l'attacco Polaroid (6 kg). DESTRA: FLIR i7 del 2009. Peso: 0,34 kg, batteria inclusa.

FLIR Systems produce autonomamente i principali componenti meccanici ed elettronici delle proprie termocamere. Tutte le fasi della produzione, dalla progettazione dei rilevatori alla produzione delle lenti e dell'elettronica di sistema, fino alla calibrazione e al collaudo finali, vengono eseguite sotto la supervisione di tecnici specializzati in tecnologie a infrarossi, le cui grandi competenze garantiscono la precisione e l'affidabilità di tutti i componenti cruciali assemblati nella termocamera.

17.1 Molto di più di una semplice termocamera a infrarossi

L'obiettivo di FLIR Systems non consiste semplicemente nella produzione dei migliori sistemi per termocamere. Ci impegniamo infatti per migliorare la produttività di tutti gli utenti dei nostri sistemi offrendo loro una combinazione di eccezionale potenza di software e termocamere. Il nostro software è specificatamente progettato per consentire la manutenzione preventiva, mentre il monitoraggio dei processi di ricerca e sviluppo viene realizzato internamente all'azienda. La maggior parte del software è disponibile in più lingue.

A corredo delle termocamere prodotte dall'azienda, viene fornita un'ampia gamma di accessori che consentono di adattare l'apparecchiatura acquistata a qualunque tipo di utilizzo.

17.2 Le competenze della società a disposizione del cliente

Nonostante le termocamere prodotte da Flir Systems siano progettate per essere di semplice utilizzo, la termografia è un settore molto complesso e non è sufficiente saper utilizzare la termocamera. FLIR Systems ha pertanto creato il centro di addestramento ITC (Infrared Training Center), un'unità operativa distinta che si occupa di fornire corsi di formazione certificati. Partecipando a uno dei corsi organizzati dall'ITC, gli operatori acquisiscono l'esperienza pratica necessaria.

Il personale dell'ITC fornisce inoltre il supporto applicativo necessario per passare dalla teoria alla pratica.

17.3 Una società dedicata al supporto dei clienti

FLIR Systems gestisce una rete mondiale di servizi volti a mantenere sempre operative le termocamere fornite. Se si verifica un problema, i centri di assistenza locali dispongono delle attrezzature e del know-how necessari per risolverlo nel più breve tempo possibile. Non è pertanto necessario inviare lontano la termocamera o parlare con operatori che non capiscono l'italiano.

17.4 Alcune foto degli stabilimenti

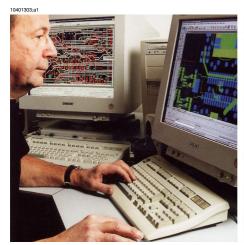




Figura 17.3 SINISTRA: sviluppo di elettronica di sistema; DESTRA: collaudo di un rilevatore FPA





Figura 17.4 SINISTRA: tornio a punta di diamante; DESTRA: lucidatura dell'obiettivo



Figura 17.5 SINISTRA: Collaudo delle termocamere a infrarossi nella camera climatica; DESTRA: Robot per il collaudo e la calibrazione delle termocamere

18 Glossario

Termine o espressione	Descrizione
ambiente	Gli oggetti e i gas che emettono radiazioni verso l'oggetto sotto- posto a misurazione.
assorbimento (fattore)	La quantità di radiazione assorbita da un oggetto rispetto alla radiazione ricevuta. Un valore compreso tra 0 e 1.
atmosfera	I gas presenti tra l'oggetto misurato e la termocamera, normalmente aria.
campo	L'intervallo della scala della temperatura, in genere espresso come un valore di segnale.
cavità isotermica	Un radiatore con cavità a forma di bottiglia con una temperatura uniforme, osservato attraverso il collo di bottiglia.
colore di saturazione	Le aree con temperature che non rientrano nelle impostazioni di livello e campo correnti vengono colorate con i colori di saturazione. Nei colori di saturazione sono compresi un colore di 'superamento del limite massimo' e un colore di 'non raggiungimento del limite minimo'. Esiste anche un terzo colore di saturazione rosso, con cui viene contrassegnato qualunque elemento saturato dal rilevatore per indicare che è opportuno cambiare l'intervallo.
conduzione	Il processo che determina la diffusione del calore in un materiale.
convezione	La convezione è uno scambio termico in cui un fluido, che viene posto in movimento o per gravità o tramite altre forze, trasferisce il calore da un posto a un altro.
corpo grigio	Un oggetto che emette una frazione fissa della quantità di energia di un corpo nero per ciascuna lunghezza d'onda.
corpo nero	Un oggetto totalmente non riflettente. Tutta la radiazione che emette è generata solo dalla propria temperatura.
corpo nero radiante	Dispositivo radiante IR con proprietà di corpo nero, utilizzato per calibrare le termocamere.
correzione di immagine (interna / esterna)	Un modo per compensare le differenze di sensibilità nelle varie parti delle immagini dal vivo e anche per stabilizzare la termocamera.
differenza di temperatura.	Un valore risultante dalla sottrazione tra due valori di temperatura.
doppia isoterma	Un'isoterma con due bande di colori invece di una.

Termine o espressione	Descrizione
emissività (fattore)	La quantità di radiazione proveniente da un oggetto rispetto a quella di un corpo nero. Un valore compreso tra 0 e 1.
emittanza	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo e area (W/m²).
emittanza spettrale	Quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo, area e lunghezza d'onda (W/m²/µm).
filtro spettrale	Un materiale trasparente solo ad alcune lunghezze d'onda a infrarossi.
FOV	apertura angolare: l'angolo orizzontale che è possibile osservare attraverso un obiettivo IR.
FPA	Acronimo di Focal Plane Array: un tipo di rilevatore IR.
IFOV	Acronimo di Instantaneous Field Of View: unità di misura della risoluzione geometrica di una termocamera.
infrarosso	Radiazione non visibile, con una lunghezza d'onda compresa approssimativamente tra 2 e 13 µm.
intervallo	Il limite di misurazione della temperatura complessiva corrente di una termocamera a infrarossi. Le termocamere possono avere vari intervalli. Espresso come due temperature di corpo nero che limitano la calibrazione corrente.
intervallo di temperatura	Il limite di misurazione della temperatura complessiva corrente di una termocamera a infrarossi. Le termocamere possono avere vari intervalli. Espresso come due temperature di corpo nero che limitano la calibrazione corrente.
IR	infrarosso
isoterma	Una funzione che evidenzia le parti di un'immagine la cui tem- peratura è superiore, inferiore o compresa in uno o più intervalli di temperatura.
isoterma trasparente	Un'isoterma che mostra una distribuzione lineare dei colori invece di coprire le parti evidenziate dell'immagine.
Laser LocatlR	Una fonte di luce alimentata elettricamente che emette radiazio- ne laser in un sottile raggio concentrato per puntare su certe parti di un soggetto posto davanti alla termocamera.
livello	Il valore centrale della scala di temperatura, in genere espresso come valore di segnale.
NETD	Acronimo di Noise Equivalent Temperature Difference: unità di misura del livello di rumore delle immagini di una termocamera.

Termine o espressione	Descrizione
ottiche esterne	Protezioni termiche, obiettivi e filtri aggiuntivi che possono essere frapposti tra la termocamera e l'oggetto sottoposto a misurazione.
palette auto	L'immagine termica viene visualizzata con una distribuzione non uniforme dei colori, mostrando contemporaneamente sia gli oggetti freddi che quelli caldi.
parametri oggetto	Un gruppo di valori che descrive le circostanze in cui è stata eseguita la misurazione di un oggetto e l'oggetto stesso, quali emissività, temperatura apparente riflessa, distanza, ecc.
pixel	Abbreviazione di picture element: singolo punto di un'immagine.
potenza radiante	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo (W).
puntatore laser	Una fonte di luce alimentata elettricamente che emette radiazio- ne laser in un sottile raggio concentrato per puntare su certe parti di un soggetto posto davanti alla termocamera.
radianza	La quantità di energia emessa da un oggetto per unità di tempo, area e angolo (W/m²/sr).
radiatore	Un dispositivo radiante IR.
radiatore a cavità	Un radiatore a forma di bottiglia con un interno assorbente, osservato attraverso il collo di bottiglia.
radiazione	Il processo mediante il quale un oggetto o un gas emette energia elettromagnetica.
regolazione automatica	Una funzione che consente a una termocamera di eseguire una correzione interna dell'immagine.
regolazione continua	Una funzione che consente di regolare l'immagine. È sempre attiva e regola continuamente la luminosità e il contrasto in base al contenuto dell'immagine.
regolazione manuale	Un metodo per regolare l'immagine cambiando manualmente alcuni parametri.
riflettività	La quantità di radiazione riflessa da un oggetto rispetto alla radiazione ricevuta. Un valore compreso tra 0 e 1.
rumore	Piccoli disturbi indesiderati nell'immagine termica.
scala di temperatura	Il modo in cui viene visualizzata un'immagine termica. Viene espressa con due valori di temperatura che limitano i colori.
segnale di oggetto	Un valore non calibrato relativo alla quantità di radiazione che la termocamera riceve dall'oggetto.

Termine o espressione	Descrizione
tavolozza	L'insieme dei colori utilizzati per visualizzare un'immagine termica.
temperatura di colore	La temperatura per cui il colore di un corpo nero corrisponde a un colore specifico.
temperatura di riferimento	Una temperatura con cui possono essere confrontati i valori misurati ordinari.
termogramma	immagine a infrarossi (o termica)
trasmissione (o trasmittanza) fattore	I gas e i materiali possono essere più o meno trasparenti. La trasmissione è la quantità di radiazione IR che li attraversa. Un valore compreso tra 0 e 1.
trasmissione atmosferica calcolata	Un valore di trasmissione calcolato sulla base della temperatura, dell'umidità relativa dell'aria e della distanza dall'oggetto.
trasmissione atmosferica stimata	Un valore di trasmissione, fornito da un utente, che ne sostituisce uno calcolato.
umidità relativa	L'umidità relativa rappresenta il rapporto tra la massa corrente del vapore acqueo nell'aria e quella massima che può contenere in condizioni di saturazione.
visibile	Indica la modalità video di una termocamera, in contrapposizione alla normale modalità termografica. Quando una termocamera è in modalità visibile, cattura le normali immagini video, mentre le immagini termografiche vengono catturate quando la termocamera è in modalità IR.

19 Tecniche di misurazione termografica

19.1 Introduzione

La termocamera consente di misurare e rappresentare la radiazione infrarossa emessa da un oggetto. La radiazione è una funzione della temperatura della superficie di un oggetto e la termocamera è in grado di calcolare e visualizzare tale temperatura.

Tuttavia, la radiazione rilevata dalla termocamera non dipende soltanto dalla temperatura dell'oggetto, ma è anche una funzione dell'emissività. La radiazione ha origine anche nelle zone circostanti l'oggetto e viene riflessa sull'oggetto stesso. La radiazione emessa dall'oggetto e quella riflessa variano anche in base all'assorbimento atmosferico.

Per rilevare la temperatura con precisione, è opportuno ovviare agli effetti provocati dalla presenza di diverse sorgenti di radiazione. Questa procedura viene eseguita automaticamente in tempo reale dalla termocamera. Tuttavia, è necessario che la termocamera disponga dei seguenti parametri che si riferiscono agli oggetti.

- L'emissività dell'oggetto
- Temperatura apparente riflessa
- La distanza tra l'oggetto e la termocamera
- L'umidità relativa
- Temperatura dell'atmosfera

19.2 Emissività

Poiché l'emissività è il parametro più importante dell'oggetto, è necessario che venga impostato correttamente. In breve, l'emissività è una misura che si riferisce alla quantità di radiazione termica emessa da un oggetto, comparata a quella emessa da un corpo nero perfetto della stessa temperatura.

Generalmente, i materiali di cui sono composti gli oggetti e i trattamenti effettuati sulle superfici presentano emissività comprese tra 0,1 e 0,95. Una superficie particolarmente lucida, ad esempio uno specchio, presenta un valore inferiore a 0,1, mentre una superficie ossidata o verniciata ha un livello di emissività superiore. Una vernice a base di olio ha un'emissività superiore a 0,9 nello spettro infrarosso, indipendentemente dal suo colore nello spettro visivo. La pelle umana è caratterizzata da un livello di emissività compreso fra 0,97 e 0,98.

I metalli non ossidati rappresentano un caso estremo di opacità perfetta e di elevata riflessività, la quale non subisce variazioni rilevanti al variare della lunghezza d'onda. Di conseguenza, l'emissività dei metalli è bassa: aumenta infatti solo con la temperatura. Per i non metalli, l'emissività tende a essere elevata e a diminuire con la temperatura.

19.2.1 Come stabilire l'emissività di un campione

19.2.1.1 Passaggio 1: determinazione della temperatura apparente riflessa

Utilizzare uno dei due metodi seguenti per determinare la temperatura apparente riflessa:

19.2.1.1.1 Metodo 1: metodo diretto

Individuare possibili fonti di riflettività, tenendo in considerazione che l'angolo di incidenza = angolo di riflessione (a = b).

1088903;a1

| Tosseso;a1
| Tos

2 Se la fonte di riflettività è una fonte puntiforme, modificare la fonte coprendola con un pezzo di cartone

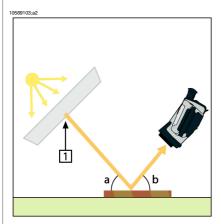


Figura 19.2 1 = Fonte di riflettività

- 3 Misurare l'intensità di radiazione (uguale alla temperatura apparente) della sorgente di riflettività adottando le seguenti impostazioni:
 - Emissività: 1.0
 - D_{obi}: 0

È possibile misurare l'intensità di radiazione adottando uno dei due metodi seguenti:

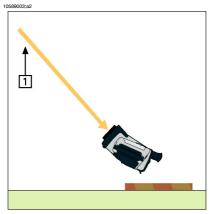




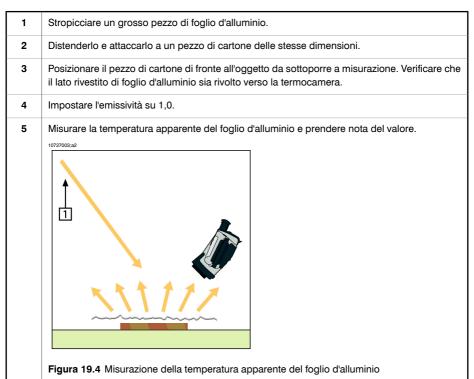
Figura 19.3 1 = Fonte di riflettività

Nota: l'utilizzo di una termocoppia per la misurazione della temperatura apparente riflessa è sconsigliato per due importanti motivi:

• una termocoppia non misura l'intensità di radiazione

 una termocoppia necessita di un eccellente contatto termico con la superficie, ottenuto solitamente incollando e ricoprendo il sensore con un isolatore termico.

19.2.1.1.2 Metodo 2: metodo del riflettore



19.2.1.2 Passaggio 2: determinazione dell'emissività

1	Selezionare un luogo per posizionare il campione.
2	Determinare e impostare la temperatura apparente riflessa secondo la procedura indicata in precedenza.
3	Posizionare sul campione un pezzo di nastro elettrico con un'accertata emissività elevata.
4	Riscaldare il campione ad almeno 20 K oltre la temperatura ambiente. Il processo di riscaldamento deve essere abbastanza regolare.
5	Mettere a fuoco e regolare automaticamente la termocamera, quindi congelare l'immagine.
6	Regolare il livello e il campo per una luminosità e un contrasto dell'immagine migliori.
7	Impostare l'emissività come quella del nastro (solitamente 0,97).

8	Misurare la temperatura del nastro utilizzando una delle seguenti funzioni di misurazione: Isoterma (consente di determinare sia la temperatura sia la regolarità di riscaldamento del campione) Spot (più semplice) Riquadro (medio) (adatto a superfici con emissività variabile).
9	Prendere nota della temperatura.
10	Spostare la funzione di misurazione sulla superficie del campione.
11	Modificare l'impostazione dell'emissività finché non si legge la stessa temperatura della misurazione precedente.
12	Prendere nota dell'emissività.

Nota:

- Evitare la convezione forzata.
- Cercare un ambiente termicamente stabile che non generi riflettività puntiforme.
- Utilizzare un nastro di alta qualità, non trasparente e di emissività elevata accertata.
- Con questo metodo, si presuppone che la temperatura del nastro e della superficie del campione siano uguali. In caso contrario, la misurazione dell'emissività risulterebbe errata.

19.3 Temperatura apparente riflessa

Questo parametro viene utilizzato per bilanciare la radiazione riflessa nell'oggetto. Se l'emissività è bassa e la temperatura dell'oggetto sensibilmente diversa da quella riflessa, risulta particolarmente importante impostare e bilanciare correttamente la temperatura apparente riflessa.

19.4 Distanza

Per distanza si intende la distanza esistente tra l'oggetto e l'obiettivo della termocamera. Questo parametro viene utilizzato per ovviare alle due condizioni seguenti:

- La radiazione del soggetto viene assorbita dall'atmosfera compresa fra l'oggetto e la termocamera.
- La termocamera rileva la radiazione dell'atmosfera stessa.

19.5 Umidità relativa

La termocamera consente anche di ovviare al fatto che la trasmittanza dipende in una certa misura dall'umidità relativa dell'atmosfera. Pertanto, è necessario impostare l'umidità relativa sul valore corretto. Per brevi distanze e un'umidità normale, è in genere possibile utilizzare il valore predefinito dell'umidità relativa pari al 50%.

19.6 Altri parametri

Alcune termocamere e programmi di analisi di FLIR Systems consentono anche di effettuare compensazioni per i seguenti parametri:

- Temperatura atmosferica, cioè la temperatura dell'atmosfera tra la termocamera e l'oggetto.
- Temperatura ottiche esterne, *cio*è la temperatura di obiettivi esterni o finestre utilizzati nella parte anteriore della termocamera.
- Trasmittanza ottiche esterne, —ovvero la trasmissione di obiettivi esterni o finestre utilizzati nella parte anteriore della termocamera

20 Storia della tecnologia a infrarossi

Fino a 200 anni fa circa, non si sospettava neanche l'esistenza della porzione a infrarossi dello spettro elettromagnetico. Il significato originale dello spettro infrarosso o, come spesso viene chiamato, semplicemente "infrarosso", come forma di irradiazione di calore è forse meno ovvio oggi di quanto non lo fosse ai tempi in cui è stato scoperto da Herschel, nel 1800.



Figura 20.1 Sir William Herschel (1738-1822)

La scoperta avvenne accidentalmente durante la ricerca di un nuovo materiale ottico. Sir William Herschel, astronomo reale del re Giorgio III d'Inghilterra e già famoso per aver scoperto il pianeta Urano, era alla ricerca di un filtro ottico in grado di ridurre la luminosità dell'immagine del sole nei telescopi durante le osservazioni. Mentre provava diversi campioni di vetro colorato che fornivano analoghe riduzioni di luminosità, fu attratto dalla constatazione che alcuni di questi campioni filtravano quantità ridotte del calore del sole, mentre altri ne filtravano così tanto che egli rischiò di ferirsi gli occhi dopo solo pochi secondi di osservazione.

Herschel si convinse presto della necessità di condurre un esperimento sistematico, con l'obiettivo di individuare un unico materiale in grado di ridurre la luminosità ai valori desiderati e allo stesso tempo di ridurre al massimo il calore. All'inizio, i suoi esperimenti si basarono sull'esperimento del prisma condotto da Newton, ma furono rivolti più all'effetto termico che alla distribuzione visiva dell'intensità nello spettro. Herschel annerì con inchiostro il bulbo di un termometro sensibile contenente mercurio e lo utilizzò come rilevatore di radiazioni per studiare l'effetto termico dei vari colori dello spettro, definiti in base a una tabella, mediante il passaggio di luce solare attraverso un prisma di vetro. Altri termometri, collocati al riparo dai raggi del sole, servivano da elementi di controllo.

Man mano che il termometro annerito veniva spostato lentamente lungo i colori dello spettro, i valori della temperatura mostravano un aumento costante passando dal violetto al rosso. Il risultato non era del tutto imprevisto, considerato che il ricercatore italiano Landriani aveva osservato lo stesso effetto in un esperimento analogo condotto nel 1777. Fu Herschel, tuttavia, il primo a riconoscere l'esistenza di un punto in cui l'effetto termico raggiunge un massimo e che le misurazioni limitate alla porzione visibile dello spettro non erano in grado di individuare questo punto.





Figura 20.2 Marsilio Landriani (1746–1815)

Spostando il termometro nella regione scura, oltre l'estremità rossa dello spettro, Herschel ebbe la conferma che il calore continuava ad aumentare. Il punto massimo venne individuato da Herschel ben oltre l'estremità rossa, in quelle che oggi chiamiamo le "lunghezze d'onda degli infrarossi".

Quando Herschel compì la sua scoperta, denominò questa nuova porzione dello spettro elettromagnetico "spettro termometrico",. Definì la radiazione stessa a volte come "calore nero", a volte semplicemente come "raggi invisibili". Paradossalmente, e contrariamente a quanto si pensa, non fu Herschel a introdurre il termine "infrarosso". La parola cominciò a comparire nei testi circa 75 anni più tardi e non è stato ancora chiarito a chi attribuirne la paternità.

L'uso del vetro nel prisma fatto da Herschel nel suo primo esperimento originale sollevò alcune dispute tra i suoi contemporanei sull'esistenza effettiva delle lunghezze d'onda degli infrarossi. Diversi ricercatori, nel tentativo di confermare i risultati del suo lavoro, utilizzarono indiscriminatamente vari tipi di vetro, ottenendo trasparenze diverse nell'infrarosso. Nei suoi esperimenti successivi, Herschel si rese conto della trasparenza limitata del vetro rispetto alla radiazione termica recentemente scoperta e fu costretto a concludere che l'ottica per l'infrarosso era probabilmente determinata esclusivamente dall'uso di elementi riflessivi, quali specchi piani o curvati. Fortunatamente, ciò si dimostrò vero solo fino al 1830, quando il ricercatore italiano Melloni fece una scoperta molto importante: il salgemma presente in natura (NaCl), contenuto nei cristalli naturali sufficientemente grandi per produrre lenti e prismi, è notevolmente

trasparente all'infrarosso. Il risultato fu che il salgemma divenne il principale materiale ottico infrarosso nei successivi cento anni, fino a quando non si perfezionò la produzione di cristalli sintetici negli anni '30 del XX secolo.



Figura 20.3 Macedonio Melloni (1798-1854)

I termometri utilizzati come rilevatori di radiazioni rimasero immutati fino al 1829, anno in cui Nobili inventò la termocoppia. (Il termometro di Herschel poteva segnare fino a 0,2 °C di temperatura, i modelli successivi fino a 0,05 °C). Grazie a Melloni, che collegò una serie di termocoppie in sequenza per formare la prima termopila, si realizzò una svolta decisiva. Il nuovo dispositivo era almeno 40 volte più sensibile del miglior termometro disponibile allora per il rilevamento dell'irradiazione di calore, in grado di rilevare il calore di una persona a tre metri di distanza.

La prima cosiddetta "immagine del calore" fu possibile nel 1840, frutto del lavoro di Sir John Herschel, figlio dello scopritore dell'infrarosso e già famoso astronomo. In base all'evaporazione differenziale di una sottile pellicola di olio esposta a un modello termico, l'immagine termica poteva essere visualizzata dalla luce riflessa, laddove l'interferenza della pellicola di olio rendeva l'immagine visibile all'occhio umano. Sir John riuscì inoltre a ottenere un primitivo risultato di immagine termica su carta, che denominò "termografia".



Figura 20.4 Samuel P. Langley (1834–1906)

Il perfezionamento della sensibilità del rilevatore di raggi infrarossi proseguì lentamente. Un'altra scoperta importante, il cui autore fu Langley nel 1880, fu l'invenzione del bolometro. Questo strumento era costituito da una sottile striscia annerita di platino collegata a un ramo di un circuito a ponte Wheatstone, esposta alle radiazioni dei raggi infrarossi e collegata a un galvanometro sensibile. Allo strumento era stata attribuita la capacità di rilevare il calore di una mucca a una distanza di 400 metri.

Lo scienziato inglese Sir James Dewar fu il primo a introdurre l'uso di gas liquefatti come agenti di raffreddamento, come l'azoto liquido a una temperatura di -196 °C nella ricerca sulle basse temperature. Nel 1892 inventò un contenitore a chiusura ermetica in cui era possibile conservare gas liquefatti per giorni interi. Il comune "thermos", utilizzato per conservare bevande calde o fredde, si basa su questa invenzione.

Tra il 1900 e il 1920, venne "scoperto" l'infrarosso. Furono concessi molti brevetti per dispositivi in grado di rilevare individui, artiglieria, velivoli, navi e perfino iceberg. Il primo sistema operativo, nel senso moderno, venne sviluppato durante la prima guerra mondiale, quando entrambe le parti in conflitto conducevano programmi di ricerca dedicati allo sfruttamento militare dell'infrarosso. Questi programmi includevano sistemi sperimentali per il rilevamento di intrusioni nemiche, il rilevamento della temperatura di oggetti lontani, le comunicazioni sicure e la guida dei "missili guidati". Un sistema di ricerca a infrarossi collaudato durante questo periodo era in grado di rilevare un velivolo in avvicinamento a una distanza di 1,5 km o una persona a più di 300 metri.

In questo periodo, i sistemi più sensibili furono tutti basati su variazioni dell'idea di bolometro, ma fu nel periodo tra le due guerre che si assistette allo sviluppo di due nuovi rilevatori di raggi infrarossi rivoluzionari: il convertitore di immagini e il rilevatore di fotoni. All'inizio, il convertitore di immagini ricevette un'estrema attenzione da parte del settore militare, perché consentì per la prima volta nella storia, letteralmente, di "vedere nel buio". Tuttavia, la sensibilità del convertitore di immagini era limitata alle

lunghezze d'onda degli infrarossi vicini e gli obiettivi militari più interessanti, i soldati nemici, dovevano essere illuminati da raggi di ricerca a infrarossi. Considerato che ciò comportava il rischio di annullare il vantaggio dell'osservatore perché il nemico poteva essere analogamente equipaggiato, è comprensibile che l'interesse militare per il convertitore di immagini alla fine diminuì.

Gli svantaggi militari tattici dei cosiddetti sistemi di imaging termico "attivi", vale a dire attrezzati con raggi di ricerca, fornirono l'occasione dopo la seconda guerra mondiale per ulteriori ricerche sugli infrarossi coperte da segreto militare, mirati allo sviluppo di sistemi "passivi", privi di raggi di ricerca, basati sul rilevatore di fotoni particolarmente sensibile. Durante questo periodo, i regolamenti sul segreto militare impedirono la diffusione della tecnologia di imaging a infrarossi. Solo alla metà degli anni '50 il segreto fu rimosso e i dispositivi di imaging termico cominciarono ad essere disponibili per la scienza e l'industria civili.

21 Teoria della termografia

21.1 Introduzione

Gli argomenti riguardanti le radiazioni infrarosse e la relativa tecnica termografica sono spesso poco noti a molti utilizzatori di termocamere a infrarossi. In questa sezione viene fornita una descrizione della teoria che sottende il concetto di termografia.

21.2 Lo spettro elettromagnetico

Lo spettro elettromagnetico è suddiviso arbitrariamente in un certo numero di regioni classificate in base alla lunghezza d'onda e denominate *bande*, distinte a seconda dei metodi utilizzati per emettere e rilevare le radiazioni. Non esiste alcuna differenza sostanziale tra le radiazioni presenti nelle diverse bande dello spettro elettromagnetico: tutte sono governate dalle stesse leggi e le sole differenze sono quelle determinate dalle diverse lunghezze d'onda.

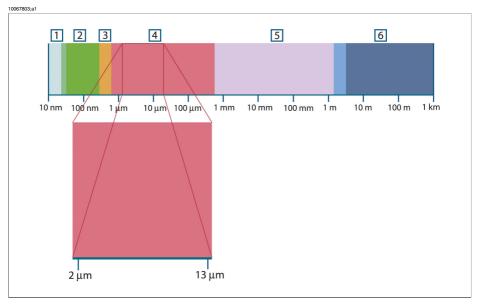


Figura 21.1 Lo spettro elettromagnetico. 1: raggi X; 2: ultravioletto; 3: luce visibile; 4: infrarosso; 5: microonde; 6: onde radio.

La termografia utilizza la banda spettrale dell'infrarosso. Il confine delle onde corte è situato al limite della percezione visiva, nella parte rossa dello spettro. Il confine delle onde lunghe si fonde con la lunghezza d'onda delle microonde radio, nell'intervallo delle onde millimetriche.

La banda dell'infrarosso è spesso ulteriormente suddivisa in quattro bande più piccole, i cui confini vengono anch'essi scelti in modo arbitrario. Le bande comprendono: *infrarosso vicino* (0,75–3 μ m), *infrarosso medio* (3–6 μ m), *infrarosso lontano* (6–15 μ m) e *infrarosso estremo* (15–100 μ m). Anche se le lunghezze d'onda sono espresse in μ m (micrometri), per misurare la lunghezza d'onda in questa regione dello spettro è spesso possibile utilizzare anche altre unità di misura, *ad esempio* nanometri (nm) e Ångström (Å).

Il rapporto tra le diverse unità di misura della lunghezza d'onda è:

 $10\ 000\ \text{Å} = 1\ 000\ \text{nm} = 1\ \mu = 1\ \mu\text{m}$

21.3 Radiazione del corpo nero

Per corpo nero si intende un oggetto che assorbe tutte le radiazioni che lo colpiscono a una lunghezza d'onda qualsiasi. L'utilizzo dell'apparente termine improprio *nero* riferito a un oggetto che emette radiazioni, è spiegato dalla legge di Kirchhoff (*Gustav Robert Kirchhoff*, 1824–1887), la quale afferma che un corpo in grado di assorbire tutte le radiazioni a una lunghezza d'onda qualsiasi è ugualmente in grado di emettere radiazioni.



Figura 21.2 Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887)

La costruzione della sorgente di un corpo nero è, in linea di massima, molto semplice. Le caratteristiche delle radiazioni dell'apertura di una cavità isotermica costituita da un materiale opaco assorbente, rappresentano quasi esattamente le proprietà di un corpo nero. Un'applicazione pratica del principio per la costruzione di un perfetto assorbitore di radiazioni, è rappresentata da una scatola nascosta alla luce a eccezione di un'apertura su uno dei lati. Qualsiasi tipo di radiazione entri successivamente all'interno del foro viene diffuso e assorbito da ripetute riflessioni, in modo che solo una frazione infinitesimale possa sfuggire. L'oscurità ottenuta in corrispondenza dell'apertura è quasi simile a un corpo nero e pressoché perfetta per tutte le lunghezze d'onda.

Se la cavità isotermica viene riscaldata adeguatamente, questa diventa ciò che si definisce un radiatore a cavità. Una cavità isotermica riscaldata a una temperatura uniforme genera la radiazione di un corpo nero, le cui caratteristiche vengono stabilite unicamente in base alla temperatura della cavità. Tali radiatori di cavità vengono comunemente usati in laboratorio come sorgenti di radiazione negli standard di riferimento della temperatura per la calibrazione di strumenti termografici, quali ad esempio le termocamere FLIR Systems.

Se la temperatura della radiazione del corpo nero aumenta raggiungendo un valore superiore a 525°C, la sorgente comincia a diventare visibile in modo da non apparire più nera all'occhio umano. Questo rappresenta la temperatura del radiatore che inizialmente è rossa e successivamente diventa arancione o gialla quando aumenta ulteriormente. Infatti, per temperatura di colore di un oggetto si intende la temperatura che un corpo nero dovrebbe raggiungere per avere lo stesso aspetto.

Si considerino ora tre espressioni che descrivono la radiazione emessa da un corpo nero.

21.3.1 La legge di Planck



Figura 21.3 Max Planck (1858-1947)

Max Planck (1858–1947) fu in grado di descrivere la distribuzione spettrale della radiazione emessa da un corpo nero mediante la formula seguente:

$$W_{\lambda b} = rac{2\pi hc^2}{\lambda^5 \left(e^{rac{hc/\lambda kT}{2}}-1
ight)} imes 10^{-6} [Watt\,/\,m^2,\mu m]$$

dove:

$W_{\lambda b}$	Emittanza energetica spettrale del corpo nero alla lunghezza d'onda
	λ.

С	Velocità della luce = 3 × 10 ⁸ m/s
h	Costante di Planck = 6,6 × 10 ⁻³⁴ Joule sec.
k	Costante di Boltzmann = 1,4 × 10 ⁻²³ Joule/K.
Т	Temperatura assoluta (K) di un corpo nero.
λ	Lunghezza d'onda (μm).

➡ Il fattore 10⁻⁶ viene utilizzato poiché l'emittanza spettrale sulle curve è espressa in Watt/m², µm.

La formula di Planck, se rappresentata graficamente per le diverse temperature, genera una famiglia di curve. Seguendo una qualsiasi curva di Planck, l'emittanza spettrale è zero per $\lambda=0$, successivamente aumenta rapidamente fino a raggiungere il massimo in corrispondenza della lunghezza d'onda λ_{max} e, dopo averla raggiunta, si avvicina nuovamente a zero per lunghezze d'onda elevate. Maggiore è la temperatura, minore è la lunghezza d'onda alla quale si raggiunge il massimo.

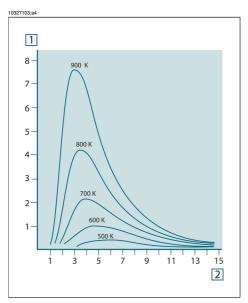


Figura 21.4 Emittanza energetica spettrale di un corpo nero, secondo la legge di Planck, rappresentata graficamente per diverse temperature assolute. 1:Emittanza energetica spettrale (W/cm 2 × 10 3 (μm)); 2: Lunghezza d'onda (μm)

21.3.2 La legge di spostamento di Wien

Differenziandosi dalla formula di Planck relativamente a λ , e trovando il massimo, si ottiene:

$$\lambda_{\max} = \frac{2898}{T} \big[\mu m \big]$$

La formula di Wien (*Wilhelm Wien*, 1864-1928) descritta precedentemente rappresenta matematicamente l'osservazione comune in base alla quale i colori variano dal rosso all'arancione o al giallo con l'aumentare della temperatura di un radiatore termico. La lunghezza d'onda del colore è la stessa lunghezza calcolata per λ_{max} . Una buona approssimazione del valore di λ_{max} per una data temperatura del corpo nero si ottiene applicando la regola empirica 3 000/T μm . Per questo, una stella molto calda come Sirio (11.000 K), che emette una luce bianca tendente al blu, irradia con il picco di emittanza energetica spettrale che si sviluppa all'interno dello spettro invisibile dell'ultravioletto, alla lunghezza d'onda di 0,27 μm .



Figura 21.5 Wilhelm Wien (1864-1928)

Il sole (circa $6.000~^{\circ}$ K) emette luce gialla, raggiungendo il picco a circa $0.5~\mu m$ nella parte centrale dello spettro di luce visibile.

A temperatura ambiente (300 °K), il picco di emittanza spettrale si trova a 9,7 μm, negli infrarossi lontani, mentre alla temperatura dell'azoto liquido (77 °K) il massimo della quantità di emittanza spettrale, peraltro pressoché insignificante, si raggiunge a 38 μm, nelle lunghezze d'onda degli infrarossi estremi.

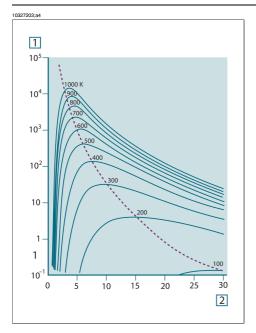


Figura 21.6 Curve di Planck rappresentate graficamente su scale semilogaritmiche da 100 °K a 1000 °K. La linea tratteggiata rappresenta il punto di massima emittanza spettrale per ogni valore di temperatura, come descritto dalla legge di Wien. **1:** Emittanza energetica spettrale (W/cm² (μm)); **2:** Lunghezza d'onda (μm).

21.3.3 Legge di Stefan-Boltzmann

Integrando la formula di Planck da $\lambda=0$ a $\lambda=\infty$, è possibile ottenere l'emittanza radiante totale (W_b) di un corpo nero:

$$W_b = \sigma T^4 \text{ [Watt/m}^2]$$

La formula di Stefan-Boltzmann (*Josef Stefan*, 1835–1893, e *Ludwig Boltzmann*, 1844–1906) descritta precedentemente afferma che la quantità totale di energia emessa da un corpo nero è proporzionale alla temperatura assoluta elevata alla quarta potenza. Graficamente, W_b rappresenta l'area al di sotto della curva di Planck relativa a una data temperatura. È possibile dimostrare che l'emittanza radiante compresa nell'intervallo da λ = 0 a λ_{max} è solo il 25% del totale, il che rappresenta quasi la quantità della radiazione solare presente nello spettro di luce visibile.



Figura 21.7 Josef Stefan (1835–1893) e Ludwig Boltzmann (1844–1906)

Se si utilizza la formula di Stefan-Boltzmann per calcolare l'energia irradiata dal corpo umano, a una temperatura di 300 K e una superficie esterna di circa 2 m², è possibile ottenere 1 kW. Questa perdita di energia non potrebbe essere sostenuta se non esistesse l'assorbimento di compensazione della radiazione dalle superfici circostanti, a temperature ambiente che non variano troppo drasticamente rispetto alla temperatura corporea, oppure, naturalmente, dall'aggiunta di indumenti.

21.3.4 Emettitori diversi dai corpi neri

Finora sono stati descritti solo i radiatori di corpo nero e la radiazione emessa da un corpo nero. Tuttavia, su una regione di lunghezza d'onda estesa, gli oggetti reali non rispettano quasi mai le leggi sopra illustrate – anche se tali oggetti, in taluni intervalli spettrali, potrebbero comportarsi come un corpo nero. Ad esempio, un dato tipo di vernice bianca può apparire perfettamente *bianca* nello spettro di luce visibile, ma diventa distintamente *grigia* a circa 2 µm, mentre oltre i 3 µm è pressoché *nera*.

Tre sono i processi che possono verificarsi e che impediscono a un oggetto reale di comportarsi come un corpo nero: una frazione della radiazione incidente a può essere assorbita, una frazione ρ può essere riflessa, mentre un'altra τ può essere trasmessa. Poiché tali fattori dipendono più o meno dalla lunghezza d'onda, l'indice λ viene utilizzato per stabilire la dipendenza spettrale delle loro definizioni. Pertanto:

- Assorbimento spettrale α_λ= rapporto tra il flusso radiante spettrale assorbito da un oggetto e quello incidente;
- Riflessione spettrale ρ_{λ} = il rapporto tra il flusso radiante spettrale riflesso da un oggetto e quello incidente;
- Trasmissione spettrale τ_λ= il rapporto tra il flusso radiante spettrale trasmesso da un oggetto e quello incidente;

La somma di questi tre fattori va sempre aggiunta al totale a qualsiasi lunghezza d'onda, in modo da ottenere la seguente relazione:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} + \tau_{\lambda} = 1$$

Per i materiali opachi τ_{λ} = 0, quindi la relazione si semplifica in:

$$\alpha_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1$$

Un altro fattore, denominato emissività, è necessario per descrivere la frazione ϵ dell'emittanza radiante di un corpo nero prodotta da un oggetto a una data temperatura. Si ottiene quindi la definizione seguente:

L'emissività spettrale ϵ_{λ} = il rapporto tra il flusso energetico spettrale emesso da un oggetto e quello emesso da un corpo nero alla stessa temperatura e lunghezza d'onda.

Il rapporto tra l'emittanza spettrale di un oggetto e quella di un corpo nero può essere descritto mediante la seguente formula matematica:

$$arepsilon_{\lambda} = rac{W_{\lambda o}}{W_{\lambda b}}$$

In generale, esistono tre tipi di sorgenti di radiazione, distinti in base alle modalità in cui l'emittanza spettrale di ciascuno varia con il variare della lunghezza d'onda.

- Un corpo nero, per cui $\varepsilon_{\lambda} = \varepsilon = 1$
- Un corpo grigio, per cui $\varepsilon_{\lambda} = \varepsilon$ = costante inferiore a 1
- Un radiatore selettivo per cui ε varia in base alla lunghezza d'onda

In base alla legge di Kirchhoff, per qualsiasi materiale, l'emissività e l'assorbimento spettrali di un corpo sono uguali per qualsiasi temperatura e lunghezza d'onda specificate. In formula:

$$\varepsilon_{\lambda} = \alpha_{\lambda}$$

Da questo si ottiene, per un materiale opaco (poiché α_{λ} + ρ_{λ} = 1):

$$\varepsilon_{\lambda} + \rho_{\lambda} = 1$$

Per i materiali particolarmente lucidi ε_{λ} tende a zero in modo che, per un materiale perfettamente riflettente (ad esempio uno specchio) si avrà:

$$\rho_{\lambda} = 1$$

Per il radiatore di un corpo grigio, la formula di Stefan-Boltzmann diventa:

$$W = \varepsilon \sigma T^4 \left[\text{Watt/m}^2 \right]$$

La formula dimostra che il potere emissivo totale di un corpo grigio è identico a quello di un corpo nero alla stessa temperatura ridotta in proporzione al valore di ϵ del corpo grigio.

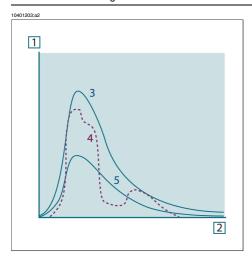


Figura 21.8 Emittanza energetica spettrale di tre tipi di radiatori. 1: emittanza energetica spettrale; 2: lunghezza d'onda; 3: corpo nero; 4: radiatore selettivo; 5: corpo grigio.

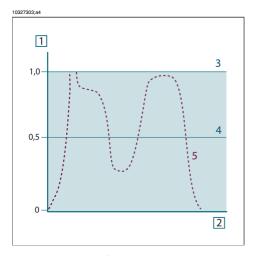


Figura 21.9 Emissività spettrale di tre tipi di radiatori. 1: emissività spettrale; 2: lunghezza d'onda; 3: corpo nero; 4: corpo grigio; 5: radiatore selettivo.

21.4 Materiali semitrasparenti agli infrarossi

Si consideri ora un corpo non metallico semitrasparente, ad esempio una spessa lastra di materiale plastico. Quando la lastra viene riscaldata, la radiazione generata al suo interno si propaga attraverso il materiale fino a raggiungere le superfici in cui la radiazione viene parzialmente assorbita. Inoltre, quando la radiazione raggiunge la superficie, una parte di essa viene nuovamente riflessa verso l'interno e parzialmente assor-

bita, ma una parte di questa radiazione raggiunge l'altra superficie attraverso cui fuoriesce in gran parte, mentre un'altra sua parte viene nuovamente riflessa. Anche se le riflessioni progressive diventano sempre più deboli, è necessario sommarle quando si calcola l'emittanza totale della lastra. Quando viene eseguita la somma della serie geometrica ottenuta, l'emissività effettiva di una lastra semitrasparente è data da:

$$\varepsilon_{\lambda} = \frac{(1 - \rho_{\lambda})(1 - \tau_{\lambda})}{1 - \rho_{\lambda}\tau_{\lambda}}$$

Quando la lastra diventa opaca questa formula viene così semplificata:

$$\varepsilon_{\lambda} = 1 - \rho_{\lambda}$$

Quest'ultima relazione risulta particolarmente utile, poiché spesso è più semplice misurare direttamente la riflettanza piuttosto che l'emissività.

22 La formula di misurazione

Come illustrato in precedenza, quando è in azione, la termocamera riceve radiazioni anche da sorgenti diverse dall'oggetto sotto osservazione. Le radiazioni provengono inoltre dall'area circostante l'oggetto, riflessa tramite la superficie dell'oggetto stesso. Queste radiazioni vengono attenuate, in qualche misura, dall'atmosfera nel percorso di misurazione. A queste deve aggiungersi un terzo tipo proveniente dall'atmosfera stessa.

La descrizione della situazione di misurazione, come illustrata nella figura seguente, è sufficientemente fedele alle condizioni reali. È possibile che siano stati trascurati alcuni elementi, come la dispersione di luce solare nell'atmosfera o le radiazioni vaganti provenienti da sorgenti di radiazione intensa, esterne al campo visivo. Tali interferenze sono difficili da quantificare e comunque, nella maggior parte dei casi, sono talmente piccole da poter essere trascurate. Qualora non fossero così trascurabili, la configurazione della misurazione sarebbe probabilmente tale da causare rischi di interferenze, quanto meno all'occhio di un operatore esperto. È quindi responsabilità dell'operatore modificare la situazione di misurazione per evitare interferenze, modificando ad esempio la direzione di visualizzazione, schermando le sorgenti di radiazione intensa e così via.

In base a quanto chiarito, è possibile utilizzare la figura sotto riportata per ottenere una formula per il calcolo della temperatura di un oggetto in base al segnale di uscita della termocamera calibrata.

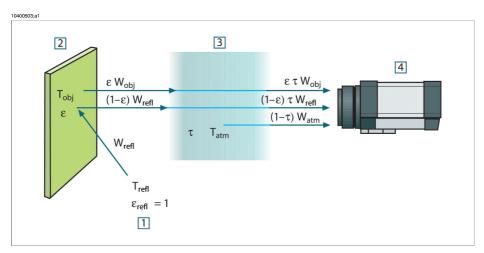


Figura 22.1 Una rappresentazione schematica della situazione di misurazione termografica generale.1: area circostante; 2: oggetto; 3: atmosfera; 4: termocamera

Si supponga che l'energia irradiata ricevuta W dalla sorgente di un corpo nero di temperatura T_{source} su distanze corte generi un segnale di uscita della termocamera U_{source} , proporzionale all'energia in entrata (termocamera ad energia lineare). È quindi possibile scrivere (Equazione 1):

$$U_{source} = CW(T_{source})$$

o con notazione semplificata:

$$U_{source} = CW_{source}$$

dove C è una costante.

Se la sorgente è un corpo grigio con emittanza ϵ , la radiazione ricevuta sarà di conseguenza $\epsilon W_{\text{source}}$.

È ora possibile scrivere i tre termini dell'energia irradiata ricevuta:

- 1 Emissione dall'oggetto = ετ W_{obj} , dove ε è l'emittanza dell'oggetto e τ è la trasmittanza dell'atmosfera. La temperatura dell'oggetto è T_{obj} .
- 2 Emissione riflessa dalle sorgenti ambiente = $(1 \epsilon)\tau W_{refl}$, dove (1ϵ) è la riflettanza dell'oggetto. Le sorgenti ambiente hanno la temperatura T_{refl} .

Questo esempio suppone che la temperatura T_{refl} sia la stessa per tutte le superficie emittenti interne alla semisfera, viste da un punto sulla superficie dell'oggetto. Si tratta ovviamente di una semplificazione della situazione reale. Tuttavia, la semplificazione è necessaria per ottenere una formula operativa e T_{refl} , almeno teoricamente, è possibile assegnarle un valore che rappresenti una temperatura valida per un'area complessa.

Si noti inoltre che, per ipotesi, l'emittanza dell'area circostante l'oggetto $\grave{e}=1$, rispettando in tal modo la legge di Kirchhoff, secondo la quale tutte le radiazioni che urtano le superfici dell'area circostante un'oggetto verranno alla fine assorbite dalle superfici stesse. Quindi, l'emittanza $\grave{e}=1$. (Si noti tuttavia che l'ultimo punto suppone che si prenda in considerazione tutta la sfera intorno all'oggetto).

3 – Emissione dall'atmosfera = $(1 - \tau)\tau W_{atm}$, dove $(1 - \tau)$ è l'emittanza dell'atmosfera. La temperatura dell'atmosfera è T_{atm} .

È ora possibile scrivere l'energia irradiata totale ricevuta (Equazione 2):

$$W_{\rm tot} = \varepsilon \tau W_{\rm obj} + (1-\varepsilon)\tau W_{\rm refl} + (1-\tau)W_{\rm atm}$$

Moltiplicare ciascun termine per la costante C dell'Equazione 1 e sostituire i prodotti CW con il valore U corrispondente, in base alla medesima equazione, quindi ricavare (Equazione 3):

$$U_{\scriptscriptstyle tot} = \varepsilon \tau U_{\scriptscriptstyle obj} + (1-\varepsilon) \tau U_{\scriptscriptstyle refl} + (1-\tau) U_{\scriptscriptstyle atm}$$

Risolvere l'Equazione 3 per U_{obi} (Equazione 4):

$$U_{\textit{obj}} = \frac{1}{\varepsilon\tau} U_{\textit{tot}} - \frac{1-\varepsilon}{\varepsilon} U_{\textit{refl}} - \frac{1-\tau}{\varepsilon\tau} U_{\textit{atm}}$$

Questa è la formula di misurazione generale utilizzata da tutte le apparecchiature termografiche FLIR Systems. I valori di tensione della formula sono:

Figura 22.2 Tensioni

U _{obj}	Tensione di uscita calcolata della termocamera per un corpo nero di temperatura T_{obj} , vale a dire una tensione direttamente convertibile nella temperatura reale dell'oggetto desiderato.
U _{tot}	Tensione di uscita misurata della termocamera per il caso specifico.
U _{refl}	Tensione di uscita teorica della termocamera per un corpo nero di temperatura T_{refl} in base alla calibrazione.
U _{atm}	Tensione di uscita teorica della termocamera per un corpo nero di temperatura T_{atm} in base alla calibrazione.

L'operatore deve fornire i valori di una serie di parametri per il calcolo:

- l'emittanza dell'oggetto ε
- l'umidità relativa
- T_{atm}
- la distanza dell'oggetto (D_{obj})
- la temperatura (effettiva) dell'area circostante l'oggetto o la temperatura ambientale riflessa T_{refl}
- la temperatura dell'atmosfera T_{atm}

A volte, tale compito può risultare oneroso per l'operatore, poiché in genere non è facile ricavare i valori precisi dell'emittanza e della trasmittanza atmosferica per il caso specifico. In genere, le due temperature non costituiscono un problema, ammesso che l'area circostante l'oggetto non contenga sorgenti di radiazione intensa e di grandi dimensioni.

A questo punto, è naturale domandarsi quanto sia importante conoscere i valori corretti di tali parametri. Potrebbe quindi essere interessante avere subito un'idea del problema, osservando diversi casi di misurazione e confrontando le grandezze relative dei tre termini di radiazione. Ciò fornirà indicazioni utili per determinare quando è importante utilizzare i valori corretti di questi parametri.

Le figure seguenti illustrano le grandezze relative dei tre tipi di radiazione per le temperature di tre diversi oggetti, due emittanze e due intervalli spettrali: SW e LW. Gli altri parametri hanno i seguenti valori fissi:

- T = 0.88
- $T_{refl} = +20$ °C
- $T_{atm} = +20^{\circ}C$

Ovviamente, la misurazione di temperature basse è più delicata della misurazione di quelle alte, in quanto le sorgenti di radiazione di disturbo sono relativamente più forti nel primo caso. Se anche il valore dell'emittanza dell'oggetto fosse basso, la situazione sarebbe ancora più difficile.

Infine, è necessario chiarire l'importanza dell'uso della curva di taratura sul punto di taratura più alto, chiamato anche estrapolazione. Si supponga che in una determinata circostanza U_{tot} sia = 4,5 volt. Il punto di taratura più elevato per la termocamera era nell'ordine di 4,1 volt, un valore sconosciuto all'operatore. Quindi, anche se l'oggetto era un corpo nero, come U_{obj} = U_{tot} , in realtà si esegue un'estrapolazione della curva di taratura, convertendo i 4,5 volt nella temperatura.

Si supponga ora che l'oggetto non sia nero, abbia un'emittanza pari a 0,75 e una trasmittanza di 0,92. Si supponga inoltre che la somma dei due secondi termini dell'Equazione 4 dia 0,5 volt. Calcolando U_{obj} tramite l'Equazione 4 si ottiene come risultato $U_{obj}=4,5\ /\ 0,75\ /\ 0,92$ - 0,5 = 6,0. Questa è un'estrapolazione piuttosto estrema, in particolare se si considera che l'amplificatore video può limitare il segnale di uscita a 5 volt! Si noti tuttavia che l'applicazione della curva di taratura è una procedura teorica che non prevede alcun limite elettronico o di altra natura. Se non fossero stati imposti limiti di segnale nella termocamera e se questa fosse stata calibrata su un valore superiore a 5 volt, la curva risultante sarebbe stata molto simile alla curva effettiva estrapolata oltre i 4,1 volt, a condizione che l'algoritmo di calibrazione fosse basato sulla fisica delle radiazioni, come l'algoritmo FLIR Systems. Naturalmente, deve esistere un limite per questo tipo di estrapolazioni.

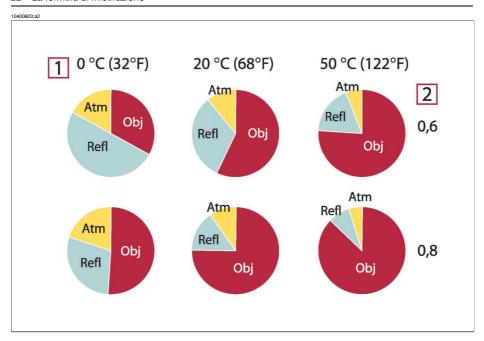


Figura 22.3 Grandezze relative delle sorgenti di radiazione in varie condizioni di misurazione (termocamera SW). **1:** Temperatura dell'oggetto; **2:** Emittanza; **Obj:** Radiazione dell'oggetto; **Refl:** Radiazione riflessa; **Atm:** radiazione dell'atmosfera. Parametri fissi: $\tau = 0.88$; $T_{refl} = 20^{\circ}C$; $T_{atm} = 20^{\circ}C$.

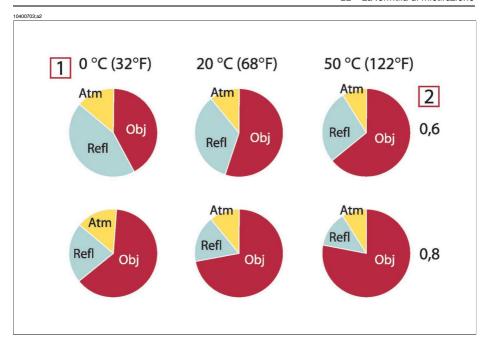


Figura 22.4 Grandezze relative delle sorgenti di radiazione in varie condizioni di misurazione (termocamera LW). **1:** Temperatura dell'oggetto; **2:** Emittanza; **Obj:** Radiazione dell'oggetto; **Refl:** Radiazione riflessa; **Atm:** radiazione dell'atmosfera. Parametri fissi: $\tau = 0.88$; $T_{refl} = 20^{\circ}C$; $T_{atm} = 20^{\circ}C$.

23 Tabelle di emissività

In questa sezione sono raccolti dati di emissività provenienti da studi sui raggi infrarossi e dalle misurazioni eseguite da FLIR Systems.

23.1 Bibliografia

1	Mikaél' A. Bramson: <i>Infrared Radiation, A Handbook for Applications</i> , Plenum press, NY.
2	William L. Wolfe, George J. Zissis: <i>The Infrared Handbook</i> , Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
3	Madding, R. P.: Thermographic Instruments and systems. Madison, Wisconsin: University of Wisconsin - Extension, Department of Engineering and Applied Science.
4	William L. Wolfe: Handbook of Military Infrared Technology, Office of Naval Research, Department of Navy, Washington, D.C.
5	Jones, Smith, Probert: External thermography of buildings, Proc. of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, vol.110, Industrial and Civil Applications of Infrared Technology, June 1977 London.
6	Paljak, Pettersson: <i>Thermography of Buildings</i> , Swedish Building Research Institute, Stockholm 1972.
7	VIcek, J: Determination of emissivity with imaging radiometers and some emissivities at $\lambda=5~\mu m$. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.
8	Kern: Evaluation of infrared emission of clouds and ground as measured by weather satellites, Defence Documentation Center, AD 617 417.
9	Öhman, Claes: <i>Emittansmätningar med AGEMA E-Box</i> . Teknisk rapport, AGEMA 1999. (Emittance measurements using AGEMA E-Box. Technical report, AGEMA 1999.)
10	Matteï, S., Tang-Kwor, E: Emissivity measurements for Nextel Velvet coating 811-21 between –36°C AND 82°C.
11	Lohrengel & Todtenhaupt (1996)
12	ITC Technical publication 32.
13	ITC Technical publication 29.

23.2 Nota importante sulle tabelle di emissività

I valori di emissività riportati nella tabella seguente sono stati registrati utilizzando una termocamera a onde corte. Devono pertanto essere considerati come valori raccomandati e utilizzati con cautela.

23.3 Tabelle

Figura 23.1 T: Spettro totale; SW: 2-5 μ m; LW: 8-14 μ m, LLW: 6,5-20 μ m; 1: Materiale; 2: Specifiche; 3: Temperatura in °C; 4: Spettro; 5: Emissività: 6: Riferimento

1	2	3	4	5	6
Acciaio inossidabi- le	foglio, lucidato	70	LW	0,14	9
Acciaio inossidabi- le	foglio, lucidato	70	SW	0,18	9
Acciaio inossidabi- le	foglio, non tratta- to, parzialmente graffiato	70	LW	0,28	9
Acciaio inossidabi- le	foglio, non tratta- to, parzialmente graffiato	70	SW	0,30	9
Acciaio inossidabi- le	laminato	700	Т	0,45	1
Acciaio inossidabi- le	lega, 8% Ni, 18% Cr	500	Т	0,35	1
Acciaio inossidabi- le	sabbiato	700	Т	0,70	1
Acciaio inossidabi- le	tipo 18-8, lucidato	20	Т	0,16	2
Acciaio inossidabi- le	tipo 18-8, ossidato a 800°C	60	Т	0,85	2
Acqua	cristalli di ghiaccio	-10	Т	0,98	2
Acqua	distillata	20	Т	0,96	2
Acqua	ghiaccio, con spesso strato di brina	0	Т	0,98	1
Acqua	ghiaccio, liscio	-10	Т	0,96	2
Acqua	ghiaccio, liscio	0	Т	0,97	1
Acqua	neve		Т	0,8	1
Acqua	neve	-10	Т	0,85	2
Acqua	strato, spessore >0,1 mm	0–100	Т	0,95-0,98	1

1	2	3	4	5	6
Alluminio	anodizzato, grigio chiaro, opaco	70	LW	0,97	9
Alluminio	anodizzato, grigio chiaro, opaco	70	SW	0,61	9
Alluminio	anodizzato, nero, opaco	70	LW	0,95	9
Alluminio	anodizzato, nero, opaco	70	SW	0,67	9
Alluminio	bagnato in HNO ₃ , lastra	100	Т	0,05	4
Alluminio	come ricevuto, fo- glio	100	Т	0,09	2
Alluminio	come ricevuto, la- stra	100	Т	0,09	4
Alluminio	deposto sotto vuoto	20	Т	0,04	2
Alluminio	foglio, 4 campioni con graffiature dif- ferenti	70	LW	0,03-0,06	9
Alluminio	foglio, 4 campioni con graffiature dif- ferenti	70	SW	0,05-0,08	9
Alluminio	foglio anodizzato	100	Т	0,55	2
Alluminio	fortemente altera- to da agenti atmo- sferici	17	SW	0,83-0,94	5
Alluminio	fortemente ossida- to	50–500	Т	0,2-0,3	1
Alluminio	fuso, sabbiato	70	LW	0,46	9
Alluminio	fuso, sabbiato	70	SW	0,47	9
Alluminio	irruvidito	27	3 μm	0,28	3
Alluminio	irruvidito	27	10 μm	0,18	3
Alluminio	lastra lucidata	100	Т	0,05	4
Alluminio	lucidato	50–100	Т	0,04-0,06	1
Alluminio	lucidato, foglio	100	Т	0,05	2

1	2	3	4	5	6
Alluminio	pellicola	27	3 <i>μ</i> m	0,09	3
Alluminio	pellicola	27	10 μm	0,04	3
Alluminio	superficie ruvida	20–50	Т	0,06-0,07	1
Amianto	carta	40–400	Т	0,93-0,95	1
Amianto	cartone	20	Т	0,96	1
Amianto	lastra	20	Т	0,96	1
Amianto	piastrella	35	SW	0,94	7
Amianto	polvere		Т	0,40-0,60	1
Amianto	tessuto		Т	0,78	1
Arenaria	lucidato	19	LLW	0,909	8
Arenaria	ruvido	19	LLW	0,935	8
Argento	lucidato	100	Т	0,03	2
Argento	puro, lucidato	200-600	Т	0,02-0,03	1
Argilla	refrattaria	70	Т	0,91	1
Biossido di rame	polvere		Т	0,84	1
Bronzo	bronzo al fosforo	70	LW	0,06	9
Bronzo	bronzo al fosforo	70	SW	0,08	9
Bronzo	lucidato	50	Т	0,1	1
Bronzo	polvere		Т	0,76-0,80	1
Bronzo	poroso, ruvido	50–150	Т	0,55	1
Calce			Т	0,3-0,4	1
Calcestruzzo		20	Т	0,92	2
Calcestruzzo	asciutto	36	SW	0,95	7
Calcestruzzo	marciapiede	5	LLW	0,974	8
Calcestruzzo	ruvido	17	SW	0,97	5
Carbonio	fuliggine	20	Т	0,95	2
Carbonio	grafite, superficie limata	20	Т	0,98	2
Carbonio	nerofumo	20–400	Т	0,95-0,97	1

1	2	3	4	5	6
Carbonio	polvere di carbone		Т	0,96	1
Carbonio	polvere di grafite		Т	0,97	1
Carta	4 colori diversi	70	LW	0,92-0,94	9
Carta	4 colori diversi	70	SW	0,68-0,74	9
Carta	adesiva bianca	20	Т	0,93	2
Carta	bianca	20	Т	0,7-0,9	1
Carta	bianca, 3 brillantez- ze diverse	70	LW	0,88-0,90	9
Carta	bianca, 3 brillantez- ze diverse	70	SW	0,76-0,78	9
Carta	blu scura		Т	0,84	1
Carta	gialla		Т	0,72	1
Carta	nera, opaca		Т	0,94	1
Carta	nera, opaca	70	LW	0,89	9
Carta	nera, opaca	70	SW	0,86	9
Carta	nero		Т	0,90	1
Carta	patinata con lacca nera		Т	0,93	1
Carta	rossa		Т	0,76	1
Carta	verde		Т	0,85	1
Carta da parati	motivo leggero, grigio chiaro	20	SW	0,85	6
Carta da parati	motivo leggero, rosso	20	SW	0,90	6
Catrame			Т	0,79-0,84	1
Catrame	carta	20	Т	0,91-0,93	1
Cromo	lucidato	50	Т	0,10	1
Cromo	lucidato	500–1000	Т	0,28-0,38	1
Cuoio	tinto		Т	0,75-0,80	1
Cupralluminio		20	Т	0,60	1
Ebanite			Т	0,89	1

1	2	3	4	5	6
Ferro, ghisa	fusione	50	Т	0,81	1
Ferro, ghisa	lavorato	800–1000	Т	0,60-0,70	1
Ferro, ghisa	lingotti	1000	Т	0,95	1
Ferro, ghisa	liquido	1300	Т	0,28	1
Ferro, ghisa	lucidato	38	Т	0,21	4
Ferro, ghisa	lucidato	40	Т	0,21	2
Ferro, ghisa	lucidato	200	Т	0,21	1
Ferro, ghisa	non lavorato	900–1100	Т	0,87-0,95	1
Ferro, ghisa	ossidato	38	Т	0,63	4
Ferro, ghisa	ossidato	100	Т	0,64	2
Ferro, ghisa	ossidato	260	Т	0,66	4
Ferro, ghisa	ossidato	538	Т	0,76	4
Ferro, ghisa	ossidato a 600°C	200–600	Т	0,64-0,78	1
Ferro e acciaio	arrugginito, rosso	20	Т	0,69	1
Ferro e acciaio	battuto, lucidato accuratamente	40-250	Т	0,28	1
Ferro e acciaio	brillante, inciso	150	Т	0,16	1
Ferro e acciaio	coperto da ruggi- ne rossa	20	Т	0,61-0,85	1
Ferro e acciaio	elettrolitico	22	Т	0,05	4
Ferro e acciaio	elettrolitico	100	Т	0,05	4
Ferro e acciaio	elettrolitico	260	Т	0,07	4
Ferro e acciaio	elettrolitico, accuratamente lucidato	175–225	Т	0,05-0,06	1
Ferro e acciaio	foglio fortemente arrugginito	20	Т	0,69	2
Ferro e acciaio	foglio laminato	50	Т	0,56	1
Ferro e acciaio	foglio lucidato	750–1050	Т	0,52-0,56	1
Ferro e acciaio	foglio smerigliato	950–1100	Т	0,55-0,61	1
Ferro e acciaio	fortemente arruggi- nito	17	SW	0,96	5

1	2	3	4	5	6
Ferro e acciaio	fortemente ossida- to	50	Т	0,88	1
Ferro e acciaio	fortemente ossida- to	500	Т	0,98	1
Ferro e acciaio	laminato a caldo	20	Т	0,77	1
Ferro e acciaio	laminato a caldo	130	Т	0,60	1
Ferro e acciaio	laminato a freddo	70	LW	0,09	9
Ferro e acciaio	laminato a freddo	70	SW	0,20	9
Ferro e acciaio	laminato di recen- te	20	Т	0,24	1
Ferro e acciaio	lucidato	100	Т	0,07	2
Ferro e acciaio	lucidato	400–1000	Т	0,14-0,38	1
Ferro e acciaio	ossidato	100	Т	0,74	1
Ferro e acciaio	ossidato	100	Т	0,74	4
Ferro e acciaio	ossidato	125–525	Т	0,78-0,82	1
Ferro e acciaio	ossidato	200	Т	0,79	2
Ferro e acciaio	ossidato	200–600	Т	0,80	1
Ferro e acciaio	ossidato	1227	Т	0,89	4
Ferro e acciaio	ruggine rossa, fo- glio	22	Т	0,69	4
Ferro e acciaio	ruvido, superficie piana	50	Т	0,95-0,98	1
Ferro e acciaio	smerigliato di re- cente	20	Т	0,24	1
Ferro e acciaio	strato di ossido brillante, foglio	20	Т	0,82	1
Ferro galvanizzato	foglio	92	Т	0,07	4
Ferro galvanizzato	foglio, brunito	30	Т	0,23	1
Ferro galvanizzato	foglio, ossidato	20	Т	0,28	1
Ferro galvanizzato	fortemente ossida- to	70	LW	0,85	9

1	2	3	4	5	6
Ferro galvanizzato	fortemente ossida- to	70	SW	0,64	9
Ferro stagnato	foglio	24	Т	0,064	4
Gesso		17	SW	0,86	5
Gesso	pannello in carton- gesso, non trattato	20	SW	0,90	6
Gesso	prima mano di into- naco	20	Т	0,91	2
Gesso idrato		20	Т	0,8-0,9	1
Ghiaccio: vedere Acqua					
Gomma	dura	20	Т	0,95	1
Gomma	morbida, grigia, ruvida	20	Т	0,95	1
Granito	lucidato	20	LLW	0,849	8
Granito	rugoso, 4 campio- ni differenti	70	LW	0,77-0,87	9
Granito	rugoso, 4 campio- ni differenti	70	SW	0,95-0,97	9
Granito	ruvido	21	LLW	0,879	8
Idrossido di allumi- nio	polvere		Т	0,28	1
Krylon Ultra-flat black 1602	Nero opaco	Temperatura ambiente fino a	LW	ca. 0,96	12
Krylon Ultra-flat black 1602	Nero opaco	Temperatura ambiente fino a 175°C	MW	ca. 0,97	12
Laccatura	3 colori, spruzzata su alluminio	70	LW	0,92-0,94	9
Laccatura	3 colori, spruzzata su alluminio	70	SW	0,50-0,53	9
Laccatura	alluminio su super- ficie ruvida	20	Т	0,4	1
Laccatura	bachelite	80	Т	0,83	1

1	2	3	4	5	6
Laccatura	bianca	40–100	Т	0,8-0,95	1
Laccatura	bianca	100	Т	0,92	2
Laccatura	nera, brillante, spruzzata su ferro	20	Т	0,87	1
Laccatura	nera, opaca	40–100	Т	0,96-0,98	1
Laccatura	nera, opaca	100	Т	0,97	2
Laccatura	resistente al calore	100	Т	0,92	1
Legno		17	SW	0,98	5
Legno		19	LLW	0,962	8
Legno	bianco, umido	20	Т	0,7-0,8	1
Legno	compensato, li- scio, asciutto	36	SW	0,82	7
Legno	compensato, non trattato	20	SW	0,83	6
Legno	pasta		Т	0,5-0,7	1
Legno	piallato	20	Т	0,8-0,9	1
Legno	pino, 4 campioni differenti	70	LW	0,81-0,89	9
Legno	pino, 4 campioni differenti	70	SW	0,67-0,75	9
Legno	quercia piallata	20	Т	0,90	2
Legno	quercia piallata	70	LW	0,88	9
Legno	quercia piallata	70	SW	0,77	9
Magnesio		22	Т	0,07	4
Magnesio		260	Т	0,13	4
Magnesio		538	Т	0,18	4
Magnesio	lucidato	20	Т	0,07	2
Malta		17	SW	0,87	5
Malta	asciutto	36	SW	0,94	7
Mattone	allumina	17	sw	0,68	5
Mattone	argilla refrattaria	20	Т	0,85	1

1	2	3	4	5	6
Mattone	argilla refrattaria	1000	Т	0,75	1
Mattone	argilla refrattaria	1200	Т	0,59	1
Mattone	comune	17	SW	0,86-0,81	5
Mattone	impermeabile	17	SW	0,87	5
Mattone	mattone refrattario	17	SW	0,68	5
Mattone	muratura	35	sw	0,94	7
Mattone	muratura, intona- cato	20	Т	0,94	1
Mattone	refrattario, corindo- ne	1000	Т	0,46	1
Mattone	refrattario, forte- mente radiante	500–1000	Т	0,8-0,9	1
Mattone	refrattario, magne- site	1000–1300	Т	0,38	1
Mattone	refrattario, scarsa- mente radiante	500–1000	Т	0,65-0,75	1
Mattone	rosso, comune	20	Т	0,93	2
Mattone	rosso, ruvido	20	Т	0,88-0,93	1
Mattone	silice, 95% SiO ₂	1230	Т	0,66	1
Mattone	silice dinas, lucida- to, ruvido	1100	Т	0,85	1
Mattone	silice dinas, non lucidato, ruvido	1000	Т	0,80	1
Mattone	silice dinas, refrat- tario	1000	Т	0,66	1
Mattone	sillimanite, 33% SiO ₂ , 64% Al ₂ O ₃	1500	Т	0,29	1
Molibdeno		600–1000	Т	0,08-0,13	1
Molibdeno		1500–2200	Т	0,19-0,26	1
Molibdeno	filamento	700–2500	Т	0,1-0,3	1
Neve: vedere Acqua					

1	2	3	4	5	6
Nextel Velvet 811- 21 Black	Nero opaco	-60-150	LW	> 0,97	10 e 11
Nichel	brillante opaco	122	Т	0,041	4
Nichel	commercialmente puro, lucidato	100	Т	0,045	1
Nichel	commercialmente puro, lucidato	200–400	Т	0,07-0,09	1
Nichel	elettrolitico	22	Т	0,04	4
Nichel	elettrolitico	38	Т	0,06	4
Nichel	elettrolitico	260	Т	0,07	4
Nichel	elettrolitico	538	Т	0,10	4
Nichel	elettroplaccato, lu- cidato	20	Т	0,05	2
Nichel	elettroplaccato su ferro, lucidato	22	Т	0,045	4
Nichel	elettroplaccato su ferro, non lucidato	20	Т	0,11-0,40	1
Nichel	elettroplaccato su ferro, non lucidato	22	Т	0,11	4
Nichel	filo	200–1000	Т	0,1-0,2	1
Nichel	lucidato	122	Т	0,045	4
Nichel	ossidato	200	Т	0,37	2
Nichel	ossidato	227	Т	0,37	4
Nichel	ossidato	1227	Т	0,85	4
Nichel	ossidato a 600°C	200–600	Т	0,37-0,48	1
Nichel-cromo	filo, ossidato	50–500	Т	0,95-0,98	1
Nichel-cromo	filo, pulito	50	Т	0,65	1
Nichel-cromo	filo, pulito	500–1000	Т	0,71-0,79	1
Nichel-cromo	laminato	700	Т	0,25	1
Nichel-cromo	sabbiato	700	Т	0,70	1
Olio, lubrificante	film da 0,025 mm	20	Т	0,27	2

1	2	3	4	5	6
Olio, lubrificante	film da 0,050 mm	20	Т	0,46	2
Olio, lubrificante	film da 0,125 mm	20	Т	0,72	2
Olio, lubrificante	film su base Ni: solo base Ni	20	Т	0,05	2
Olio, lubrificante	rivestimento spes- so	20	Т	0,82	2
Oro	fortemente lucida- to	100	Т	0,02	2
Oro	lucidato	130	Т	0,018	1
Oro	lucidato accurata- mente	200–600	Т	0,02-0,03	1
Ossido di allumi- nio	attivato, polvere		Т	0,46	1
Ossido di allumi- nio	puro, polvere (allu- mina)		Т	0,16	1
Ossido di nichel		500–650	Т	0,52-0,59	1
Ossido di nichel		1000–1250	Т	0,75-0,86	1
Ossido di rame	rosso, polvere		Т	0,70	1
Ottone	foglio, laminato	20	Т	0,06	1
Ottone	foglio, smerigliato	20	Т	0,2	1
Ottone	fortemente lucida- to	100	Т	0,03	2
Ottone	lucidato	200	Т	0,03	1
Ottone	opaco, ossidato	20–350	Т	0,22	1
Ottone	ossidato	70	SW	0,04-0,09	9
Ottone	ossidato	70	LW	0,03-0,07	9
Ottone	ossidato	100	Т	0,61	2
Ottone	ossidato a 600°C	200–600	Т	0,59-0,61	1
Ottone	smerigliato utiliz- zando carta vetra- ta con graniglia 80	20	Т	0,20	2
Pannello di fibra	masonite	70	LW	0,88	9

1	2	3	4	5	6
Pannello di fibra	masonite	70	SW	0,75	9
Pannello di fibra	pannello di trucio- lato	70	LW	0,89	9
Pannello di fibra	pannello di trucio- lato	70	SW	0,77	9
Pannello di fibra	poroso, non tratta- to	20	SW	0,85	6
Pannello di fibra	rigido, non trattato	20	SW	0,85	6
Panno	nero	20	Т	0,98	1
Pavimentazione di asfalto		4	LLW	0,967	8
Pelle	umana	32	Т	0,98	2
Piastrella	vetrificata	17	SW	0,94	5
Piombo	brillante	250	Т	0,08	1
Piombo	non ossidato, lucidato	100	Т	0,05	4
Piombo	ossidato, grigio	20	Т	0,28	1
Piombo	ossidato, grigio	22	Т	0,28	4
Piombo	ossidato a 200°C	200	Т	0,63	1
Piombo rosso		100	Т	0,93	4
Piombo rosso, polvere		100	Т	0,93	1
Plastica	laminato in fibra di vetro (scheda per circuito stampato)	70	LW	0,91	9
Plastica	laminato in fibra di vetro (scheda per circuito stampato)	70	SW	0,94	9
Plastica	pannello isolante in poliuretano	70	LW	0,55	9
Plastica	pannello isolante in poliuretano	70	SW	0,29	9

1	2	3	4	5	6
Plastica	PVC, pavimento in plastica, opaco, strutturato	70	LW	0,93	9
Plastica	PVC, pavimento in plastica, opaco, strutturato	70	SW	0,94	9
Platino		17	Т	0,016	4
Platino		22	Т	0,03	4
Platino		100	Т	0,05	4
Platino		260	Т	0,06	4
Platino		538	Т	0,10	4
Platino		1000–1500	Т	0,14-0,18	1
Platino		1094	Т	0,18	4
Platino	filo	50–200	Т	0,06-0,07	1
Platino	filo	500–1000	Т	0,10-0,16	1
Platino	filo	1400	Т	0,18	1
Platino	nastro	900–1100	Т	0,12-0,17	1
Platino	puro, lucidato	200–600	Т	0,05-0,10	1
Polistirolo	isolante	37	SW	0,60	7
Polvere di magne- sio			Т	0,86	1
Porcellana	bianca, brillante		Т	0,70-0,75	1
Porcellana	vetrificata	20	Т	0,92	1
Rame	commerciale, bru- nito	20	Т	0,07	1
Rame	elettrolitico, accuratamente lucidato	80	Т	0,018	1
Rame	elettrolitico, lucida- to	-34	Т	0,006	4
Rame	fortemente ossida- to	20	Т	0,78	2
Rame	fuso	1100–1300	Т	0,13-0,15	1

1	2	3	4	5	6
Rame	lucidato	50–100	Т	0,02	1
Rame	lucidato	100	Т	0,03	2
Rame	lucidato, commerciale	27	Т	0,03	4
Rame	lucidato, meccani- co	22	Т	0,015	4
Rame	ossidato	50	Т	0,6-0,7	1
Rame	ossidato, nero	27	Т	0,78	4
Rame	ossidato fino all'annerimento		Т	0,88	1
Rame	puro, superficie accuratamente preparata	22	Т	0,008	4
Rame	raschiato	27	Т	0,07	4
Sabbia			Т	0,60	1
Sabbia		20	Т	0,90	2
Scorie	caldaia	0–100	Т	0,97-0,93	1
Scorie	caldaia	200–500	Т	0,89-0,78	1
Scorie	caldaia	600–1200	Т	0,76-0,70	1
Scorie	caldaia	1400–1800	Т	0,69-0,67	1
Smalto		20	Т	0,9	1
Smalto	lacca	20	Т	0,85-0,95	1
Smeriglio	grezzo	80	Т	0,85	1
Stagno	brunito	20–50	Т	0,04-0,06	1
Stagno	foglio di ferro sta- gnato	100	Т	0,07	2
Stucco	ruvido, calce	10–90	Т	0,91	1
Terreno	asciutto	20	Т	0,92	2
Terreno	saturo di acqua	20	Т	0,95	2
Tipo 3M 35	Nastro isolante vi- nilico (diversi colo- ri)	< 80	LW	ca. 0,96	13

1	2	3	4	5	6
Tipo 3M 88	Nastro isolante vi- nilico nero	< 105	LW	ca. 0,96	13
Tipo 3M 88	Nastro isolante vi- nilico nero	< 105	MW	< 0,96	13
Tipo 3M Super 33+	Nastro isolante vi- nilico nero	< 80	LW	ca. 0,96	13
Titanio	lucidato	200	Т	0,15	1
Titanio	lucidato	500	Т	0,20	1
Titanio	lucidato	1000	Т	0,36	1
Titanio	ossidato a 540°C	200	Т	0,40	1
Titanio	ossidato a 540°C	500	Т	0,50	1
Titanio	ossidato a 540°C	1000	Т	0,60	1
Truciolato	non trattato	20	SW	0,90	6
Tungsteno		200	Т	0,05	1
Tungsteno		600–1000	Т	0,1-0,16	1
Tungsteno		1500–2200	Т	0,24-0,31	1
Tungsteno	filamento	3300	Т	0,39	1
Vernice	8 diversi tipi e colo- ri	70	LW	0,92-0,94	9
Vernice	8 diversi tipi e colo- ri	70	SW	0,88-0,96	9
Vernice	alluminio, vari stati di invecchiamento	50–100	Т	0,27-0,67	1
Vernice	base olio, media di 16 colori	100	Т	0,94	2
Vernice	blu cobalto		Т	0,7-0,8	1
Vernice	giallo cadmio		Т	0,28-0,33	1
Vernice	olio	17	SW	0,87	5
Vernice	olio, diversi colori	100	Т	0,92-0,96	1
Vernice	olio, grigia, lucida	20	sw	0,96	6
Vernice	olio, grigia, opaca	20	SW	0,97	6

1	2	3	4	5	6
Vernice	olio, nero lucido	20	SW	0,92	6
Vernice	olio, nero opaco	20	SW	0,94	6
Vernice	plastica, bianco	20	SW	0,84	6
Vernice	plastica, nero	20	SW	0,95	6
Vernice	verde cromo		Т	0,65-0,70	1
Vernice trasparente	opaca	20	SW	0,93	6
Vernice trasparente	su parquet in quercia	70	LW	0,90-0,93	9
Vernice trasparente	su parquet in quercia	70	SW	0,90	9
Zinco	foglio	50	Т	0,20	1
Zinco	lucidato	200–300	Т	0,04-0,05	1
Zinco	ossidato a 400°C	400	Т	0,11	1
Zinco	superficie ossidata	1000–1200	Т	0,50-0,60	1

A note on the technical production of this publication

This publication was produced using XML—the eXtensible Markup Language. For more information about XML, please visit http://www.w3.org/XML/

A note on the typeface used in this publication

This publication was typeset using Swiss 721, which is Bitstream's pan-European version of the Helvetica™ typeface. Helvetica™ was designed by Max Miedinger (1910-1980).

List of effective files

20235108.xml b18

20235208.xml b12

20235308.xml b13

20236708.xml b26

20237108.xml b13

20238508.xml a8

20238708.xml a7

20250408.xml a17

20254903.xml a67 20257008.xml a23

20257108.xml a7

20257308.xml a13

20279808.xml a6

20286108.xml a1

20286208.xml a1

20286408.xml a1

20286508.xml a1

20286608.xml a1

20286708.xml a1

20286808.xml a1 20286908.xml a1

20287308.xml a5 20287408.xml a1

20292408.xml a2

20295408.xml a1 20295508.xml a1

R128.rcp a4

config.xml a5



Corporate Headquarters FLIR Systems, Inc. 27700 SW Parkway Avenue Wilsonville, OR 97070 USA Telephone: +1-800-727-3547 Website: http://www.flir.com