

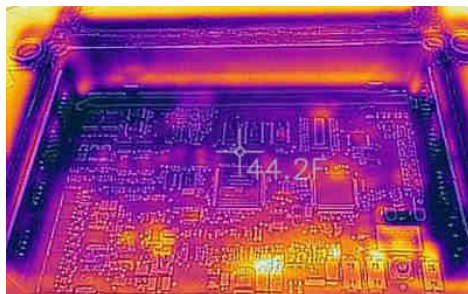


Digitally signed by  
Technical Scientific  
Library, TUM  
Reason: I attest to the  
accuracy and integrity of  
this document

# UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI

## METODE AVANSATE DE TESTARE A DISPOZITIVELOR ELECTRONICE

Ghid pentru lucrările de laborator



Chișinău  
2023

**UNIVERSITATEA TEHNICĂ A MOLDOVEI**

**FACULTATEA ELECTRONICĂ ȘI TELECOMUNICAȚII  
DEPARTAMENTUL TELECOMUNICAȚII ȘI SISTEME ELECTRONICE**

**METODE AVANSATE  
DE TESTARE  
A DISPOZITIVELOR ELECTRONICE**

**Ghid pentru lucrările de laborator**

**Chișinău  
Editura „Tehnica-UTM”  
2023**

**CZU 621.38(076.5)**

**J 35**

Lucrarea a fost discutată și aprobată pentru editare la ședința Consiliului Facultății Electronice și Telecomunicații, proces-verbal nr.6 din 29.06.23.

Ghidul conține 2 lucrări de laborator: prima este dedicată testării dispozitivelor electronice bazate pe metodele de cercetare a imaginilor termice; în lucrarea a doua este studiată metoda de obținere și de prelucrare a imaginilor termice ale dispozitivelor electronice.

În fiecare lucrare este expusă baza teoretică a metodelor, sunt descrise procedurile de implementare, fiind date diverse exemple.

Ghidul este destinat studenților specialității *Sisteme și comunicații electronice*, Ciclul II, pentru însușirea disciplinei *Fiabilitatea&Testarea sistemelor electronice și de comunicații*.

Autori: dr., conf. univ. Vladimir JDANOV

dr., conf. univ. Tatiana ȘESTACOVA

Recenzent: dr., conf. univ. Pavel NISTIRIUC

**DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM**

**Jdanov, Vladimir.**

Metode avansate de testare a dispozitivelor electronice: Ghid pentru lucrările de laborator / Vladimir Jdanov, Tatiana Șestacova; Universitatea Tehnică a Moldovei, Facultatea Electronică și Telecomunicații, Departamentul Telecomunicații și Sisteme Electronice.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2023. – 40 p.: fig. color, tab.

Aut. indicați pe verso f. de tit. – Bibliogr.: 38 (9 tit.). – 25 ex.

Redactor: E. Balan

---

Bun de tipar 10.10.23

Formatul hârtiei 60x84 1/16

Hârtie ofset. Tipar RISO.

Comanda nr. 99

---

MD-2004, Chișinău, bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 168, UTM  
MD-2045, Chișinău, str. Studenților, 9/9, Editura „Tehnica-UTM”

**ISBN 978-9975-45-976-1**

**© UTM, 2023**

## CUPRINS

<b>Introducere</b> .....	4
<b>1. Lucrarea de laborator nr. 1. Examinarea și testarea cu imaging termică a dispozitivelor electronice.</b> .....	11
1.1. Termeni și definiții .....	11
1.2. Termografia și parametrii ei .....	12
1.3. Dispozitive de termoviziune .....	15
1.4. Modul de lucru .....	21
<b>2. Lucrarea de laborator nr. 2. Studiul metodelor avansate de prelucrare a imaginilor termice ale dispozitivelor electronice</b> .....	24
2.1. Metode de căutare a imaginilor .....	26
2.2. Algoritmi <i>hash</i> percept .....	28
2.3. Modul de lucru .....	33
<b>Bibliografie</b> .....	38
<b>Anexă. Manual testo 882</b> .....	39

## INTRODUCERE

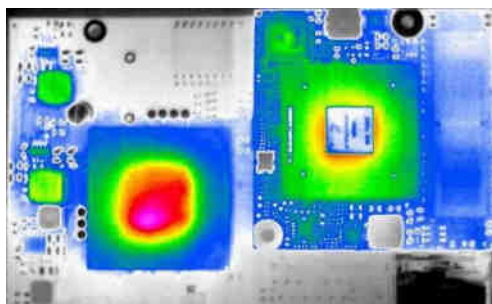
Metodele de testare a ansamblului de plăci cu circuite imprimate (*engl.* PCB) sunt o parte integrantă a procesului de producție. Producătorii moderni de sisteme și dispozitive electronice oferă diferite metode de testare a plăcilor de circuite imprimate care includ:

1. Testarea în cadrul schemei;
2. Testarea sondei zburătoare (*PCB Flying probe test*);
3. Testarea optic automată;
4. Testarea arderii (*Burn In Test*);
5. Examinarea cu raze X;
6. Testarea funcțională;
7. Testarea imaginilor termice.

**Testarea imaginilor termice** este cea mai rapidă, mai precisă și promițătoare metodă modernă de diagnosticare a plăcilor cu circuite imprimate.

Metodele tradiționale de testare optică sunt adesea insuficiente pentru a detecta defecte mari. Însă există și metode alternative de testare.

Când se aplică tensiune pe placa de circuit imprimat, prin circuitele electronice trece un curent electric, ceea ce conduce la încălzirea elementelor de pe placă (fig.1).



**Fig. 1. Imagine cu supraîncălzirea PCB**

Apoi pot fi determinate și vizualizate câmpurile termice ale plăcilor PCB cu ajutorul unei camere de termoviziune. Cu suficiente cunoștințe despre caracteristicile câmpului termic, defectele de producție pot fi detectate deja la începutul procesului de proiectare. Testarea imaginii termice poate fi, de asemenea, eficientă în producția de serie sau prototipare.

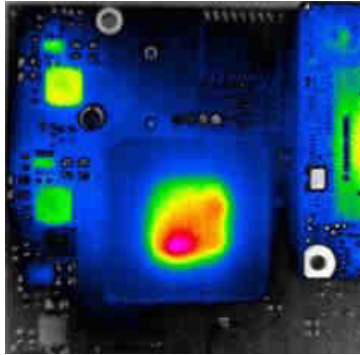
În timpul etapei de proiectare a PCB, termografia poate fi utilizată pentru a vizualiza încălzirea excesivă a anumitor componente. Acest lucru poate fi cauzat de o varietate de defecte, inclusiv scurtcircuite electrice, componente instalate incorect sau staniu de lipit insuficient. Aceste probleme pot fi detectate cu ajutorul unei camere termice.

Imaginile termice joacă un rol important la testarea simultană a unui număr mare de plăci de circuite imprimare instalate și, de asemenea, poate ajuta la detectarea imediată a unei game largi de probleme după asamblarea PCB. Dacă, de exemplu, o componentă nu este instalată corect și există conexiuni “reci”, componentele pot fi expuse la căldură semnificativă. În testarea tradițională a echipamentelor, astfel de defecte nu apar întotdeauna imediat și, prin urmare, trec neobservate. Dar, odată cu funcționarea prelungită, componentele nefiabile încep să se defecteze din cauza temperaturilor ridicate, ceea ce duce la defectarea întregii plăci de circuit imprimat.

Aceste probleme pot fi detectate cu o cameră termică imediat după montarea și activarea PCB, *fără a fi nevoie de testarea funcțională!* Când se compară o imagine termică a unui PCB normal cu o imagine a plăcii testate, este ușor detectată o diferență, ceea ce indică prezența defectelor.

Imagistica termică îmbunătățește procesul de proiectare a PCB și poate reduce timpul de proiectare. Dacă amplasarea

componentelor pe placă nu este realizată corect, atunci fluxul de curent ridicat prin unele părți ale PCB va provoca o încălzire excesivă (fig. 2). Acest lucru, la rândul său, va face PCB instabil și îi va scurta durata de viață. În plus, aceste probleme de proiectare sunt foarte greu de detectat fără o cameră termică.



**Fig. 2. Exemplu de imagine termică a supraîncălzirii elementelor PCB**

Supraîncălzirea componentelor electronice cauzată de tensiunea electrică este cel mai important factor care reduce fiabilitatea acestora. Creșterea temperaturii cu 10-15°C într-un dispozitiv semiconductor poate reduce durata de viață a produsului cu mai mult de 50%.

Vom analiza în continuare capacitățile și caracteristicile camerei termice **FOTRIC 616C**. Aceasta este mai indicată decât altele la testarea *cip*-ului și detectarea defectelor de proiectare a PCB în baza următoarelor avantaje:

- lentilă macro- cu o rezoluție de 50  $\mu\text{m}$  și o sensibilitate ridicată de 50 mK;
- fluxuri video radiometrice complete cu frecvența de cadre configurabile de până la 30 Hz;

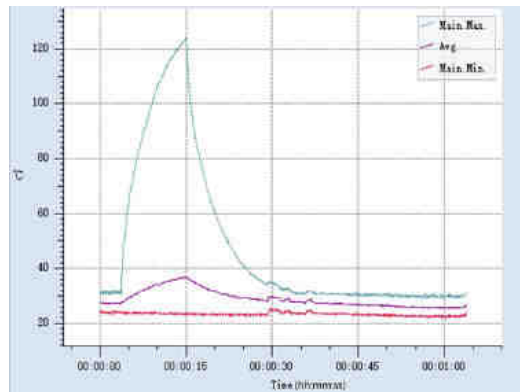
- precizie mare de măsurare  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  sau  $\pm 2\%$ , oricare dintre acestea este mai mare;

- software puternic pentru analiză la PC - AnalyzIR.

Camera are următoarele capacități funcționale:

### 1) Optimizarea rutei *cip*-urilor

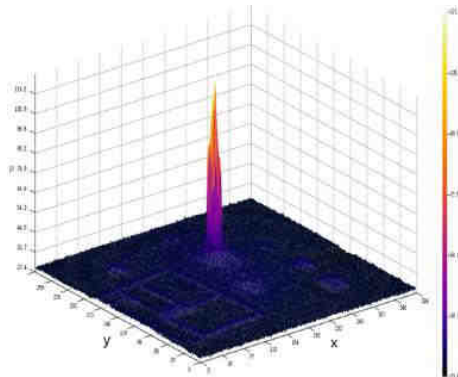
Cu ajutorul camerelor termice designerii pot determina distribuția generală a căldurii și, totodată, pot adăuga răcitoare și alte componente. La compilarea codului pentru FPGA, rutarea *cip*-urilor poate să nu fie optimă. Schimbarea temperaturii în diferite zone poate fi mapată cu FOTRIC AnalyzIR pentru a detecta sarcini excesive pe unele zone ale *cip*-ului mai mari (fig. 3).



*Fig. 3. Curbe de distribuție timp–temperatură a pieselor cu sarcină excesivă (programul AnalyzIR)*

Distribuția tridimensională a temperaturii poate vizualiza mai bine anomalia termică (programul AnalyzIR) (fig. 4).



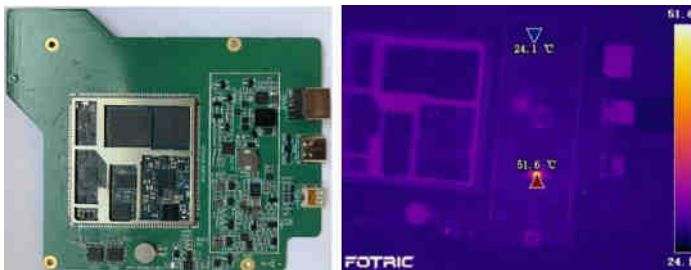


*Fig. 4. Anomalie termică în zona procesorului*

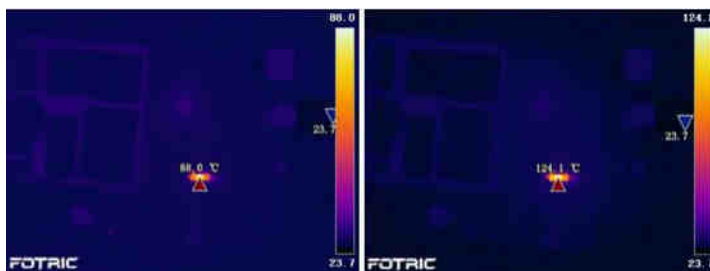
## 2) Timp redus de dezvoltare PCB

Utilizarea imaginilor termice reduce timpul de dezvoltare a plăcii și îmbunătățește procesul de proiectare a PCB. În cazul unui defect în amplasarea elementelor, prin unele zone ale PCB va curge un curent puternic, conducând la o încălzire excesivă care, la rândul său, va face PCB instabil și îi va scurta durata de viață. Cu toate acestea, nu este ușor a fi detectate aceste defecte de design fără o cameră termică.

Înregistrând anomaliile termice ale componentelor PCB, camera FOTRIC 616C poate detecta rapid defectul de proiectare și poate înregistra procesul de generare a căldurii (fig. 5).



a)



b)

*Fig. 5. a) Plăci de bază NVIDEO; b) puncte de supraîncălzire*

### 3) Detectarea problemelor după asamblarea PCB

Camerele termice pot verifica simultan un număr semnificativ de PCB instalate și pot ajuta la identificarea imediată a unei game largi de probleme după montarea PCB (fig. 6).



*Fig. 6. Defecte de montare*

#### **4) Încălzirea datorită conectării la rețe**

O componentă amplasată incorect pe un PCB cu conexiuni reci poate deveni foarte fierbinte.

În prima etapă a testării echipamentelor tradiționale, astfel de defecte trec adesea neobservate, iar în timpul funcționării pe termen lung, din cauza temperaturilor ridicate, componentele pot înceta să funcționeze, apoi și întreaga placă.

Aceste probleme pot fi detectate de camera termică FOTRIC 616C imediat după montarea și activarea PCB fără a fi nevoie de testarea funcțională. Operatorii pot găsi orice anomalie, comparând imaginile în infraroșu ale unui PCB testat cu un PCB funcțional fără a cunoaște designul.

Astfel, controlul și monitorizarea „comportamentului” termic al componentelor electronice este necesar pentru a detecta posibilele defecțiuni ale acestora și pentru a le îmbunătăți fiabilitatea.

## BIBLIOGRAFIE

1. Lehtiniemi; Fager; Hynninen; Aapro. *Applications of infrared thermography in electronics research*, Nokia Research Center – 2000.
2. Petrosyants K. O., Kharitonov I. A., etc. *Multilevel System for Thermal Design, Control and Management of Electronic Component*. In: Intern. Journal of Advancements in Electronics and Electrical Engineering, Vol. 3, No. 2, pp. 22-27 (2016).
3. K. O. Petrosyants, I. A. Kharitonov, etc. *Thermal Modeling and Experimental Investigation of Electronic Components: Semiconductor Devices, IC Chips, PCBs and Units*. In: Proc. of the 2014 Intern. Conf. on Electrical and Electronic Engineering (EEE2014), April 26-27, 2014, Hong Kong, 2014.
4. Egmont-Petersen, M., de Ridder, D., Handels, H. *Image processing with neural networks — a review*. In: Pattern Recognition 35 (10), pp. 2279–2301(2012).
5. Christoph Zauner. *Implementation and Benchmarking of Perceptual Image Hash Functions* (2010).
6. [Locality-sensitivehashingen.wikipedia.org/wiki/Locality-sensitive\\_hashing](http://locality-sensitivehashing.wikipedia.org/wiki/Locality-sensitive_hashing).
7. Standaert, F.X., Lefebvre, F., Rouvroy, G., Macq, B.M., Quisquater, J.J.,and Legat, J.D. *Practical evaluation of a radial soft hash algorithm*. In: Proceedings of the International Symposium on Information Technology: Coding and Computing (ITCC), vol. 2, pp. 89-94. IEEE, Apr. 2005.
8. D. Marrand, E. Hildret. *Theory of edge detection*, pp. 187-215 (1979).
9. Zeng Jie., A Novel. *Block-DCT and PCA Based Image Perceptual Hashing Algorithm*. In: IJCSI International Journal of Computer Science Issues, Vol. 10, Issue 1, No 3, January 2013.