

Sistem de înregistrare și prelucrare a semnalelor ECG și FPG pentru analiza Variabilității Ritmului Cardiac

Victor Şonţea, Anatolie Iavorschi, Valerii Pahomi, Valeriu Pîrţac, Dmitrii Anghiloglu

Universitatea Tehnică a Moldovei

sonţea@mail.utm.md

Abstract - In this work is presented the system for heart rate variability analysis using methods of ECG and FPG signal registration and processing. There are described structural scheme of the measurement system and processing of ECG and FPG signal, interacting units, possibilities of software and interfaces in two modes of operation: the PC and with a special modul. Also, are presented characteristics and technical parameters of the system.

Index Terms - photoplethysmogram, heart rate variability, biomedical signal processing.

I. INTRODUCERE

Implementarea unor metode neinvazive de monitorizare permanentă a stării de sănătate a persoanelor supravegheate pe baza achiziției și analizei semnalului ECG sau FPG cu ajutorul mijloacelor tehnice computerizate oferă posibilitatea identificării rapide a diferitor afecțiuni cardiace spontane sau monitorizarea stării funcționale a sistemului nervos vegetativ prin analiza variabilității ritmului cardiac.

Una din metodele contemporane, care permit determinarea indicilor fiziologici ai organismului uman, este metoda fotoplethysmografiei computerizate bazată pe înregistrarea și prelucrarea semnalelor fotoplethysmografice [1,2]. Determinarea frecvenței contracțiilor cardiace [3-5] este una din metodele de rutină de examinare a oricărui pacient. Analiza variabilității în timp a frecvenței contracțiilor cardiace – cardiointervalografia este folosită atât pentru diagnosticul unor boli, cât și în examinarea persoanelor sănătoase, pentru aprecierea stării de stres și a nivelului de adaptare în condiții extreme [6-8].

II. SCHEMA STRUCTURALA A SISTEMULUI

Sistemul proiectat este destinat pentru achiziția și prelucrarea semnalului fotoplethysmografic și electrocardiografic, transmiterea datelor la calculator, determinarea parametrilor semnalului, afișarea grafică a semnalelor și a ritmului cardiac pe LCD-Display color, memorarea datelor pacienților și a semnalelor în baza de date a pacienților, etc.

Fotoplethysmograful este compus din mai multe module: partea digitală, partea analogică, traductorul, LCD-Display, SD-card și Modulul de control al alimentării (figura 1).

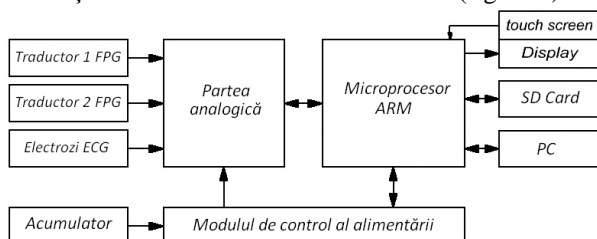


Fig.1. Schema structurală a sistemului de înregistrare și prelucrare a semnalelor ECG și FPG.

La baza funcționării dispozitivului se află un microprocesor ARM cu arhitectura pe 32 biți ce lucrează la o frecvență de tact de 100 MHz, funcțiile sale fiind următoarele:

- Interacțiunea cu partea analogică – convertirea semnalului analogic în semnal digital.
- Interacțiunea cu Display-ul Color al dispozitivului.
- Citirea și descifrarea datelor de la panoul Touch Screen ce se află pe display – determinarea coordonatelor punctelor de interacțiune.
- Realizarea unei interfețe meniu-utilizator bine dezvoltate.
- Interacțiunea cu memoria de tip SD Card (Secure Digital Card).
- Controlul și dirijarea circuitului de alimentare.
- Comunicarea cu calculatorul personal.

Baza de date a pacienților permite alocarea dinamică a spațiului de memorie pacienților și semnalelor acestuia. Astfel se pot înregistra cel mult 65 535 pacienți, fiecărui pacient maxim 240 semnale. Durata semnalului poate fi modificată de la 1 minut până la 24 ore, iar durata sumara al tuturor semnalelor fiind de 40 320 minute (672 ore sau 28 zile).

În figura 2 este prezentată schema bloc a părții analogice a dispozitivului.

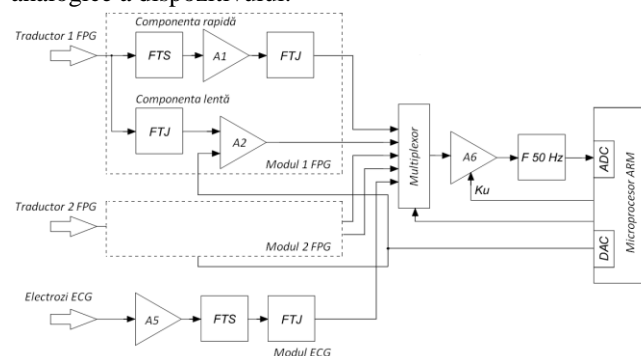


Fig. 2. Schema bloc a părții analogice.

Display-ul dispozitivului este unul grafic color, cu rezoluția de 320×240 pixeli și 65 mii culori, ceea ce ne permite de a afișa evoluția în timp a unul sau două semnale concomitent, dar și crearea unei interfețe meniu-utilizator bine dezvoltate, intuitive și ușor de interacționat.

Meniul utilizatorului este format din 4 pagini: „Pacient”, „Afişare”, „Grafic” şi „Setări”. Pagina „Pacient” este destinată pentru a lucra cu baza de date, de a adăuga un pacient nou în baza de date (figura 3) sau de a alege un pacient investigat anterior.

Nume pacient:		15:10	
Pacient	Afişare	Grafic	Setari
Introduceti greutatea pacientului			
lavorschi Anatolie			
26 ani			
180 cm		65 kg	
1	2	3	4
5	6	7	8
9	0	-	=
←			
1	q	w	e
r	t	y	u
i	o	p	{
}]		
CAP	a	s	d
f	g	h	j
k	l	:	'
Shift	z	x	c
v	b	n	m
.	/	←	
Anulare			→

Fig.3 Fereastra introducerii unui nou pacient

Din pagina pacient poate fi accesată şi baza de date a dispozitivului. Interfaţa bazei de date (figura4) ne permite de a naviga prin lista de pacienţi, de a căuta un anumit pacient în baza de date, de a şterge un pacient şi de a selecta un pacient ales.

Nume pacient:		15:10	
Pacient	Afişare	Grafic	Setari
23 pacienti			
<input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>			
Anghiloglu Dmitri			
Chiriac Elena			
Chitoroaga Natalia			
Corghencea Gheorghe			
Cretu Vasile			
Dragutanu Diana			
Gutu Ion			
lavorschi Anatolie			
lavorschi Vladimir			
Manoli Dorina			

Fig.4 Fereastra navigării prin baza de date

În pagina „Afişare” alegem semnalele dorite de a fi vizualizate. Pot fi selectate cel mult două semnale.

Pagina „Grafic” este prevăzută pentru vizualizarea semnalele selectate pentru afişare. Pot fi vizualizate unul sau două semnale concomitent.

Pagina „Setări” conţine setările dispozitivului: setarea orei şi datei, setarea timpului de funcţionare a LED-urilor de luminare a display-ului, vizualizarea stării memoriei dispozitivului şi opţiunea de deconectare a dispozitivului.

III. SOFTWARE PENTRU ANALIZA VARIABILITĂȚII RITMULUI CARDIAC

Soft-ul realizat permite efectuarea analizei ritmului cardiac pe baza semnalului de fotopletismogramă sau electrocardiogramă (figura 5) cu durata înregistrării semnalului mai mare de 5 minute [9-11].

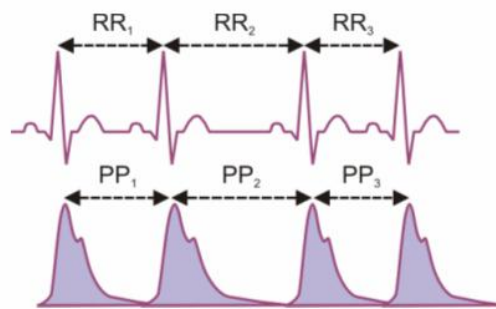


Fig. 5 Semnalul ECG și FPG

Structura soft-ului pentru analiza VRC constă din trei compartimente de bază (figura 6): Meniul principal, Managerul de fişiere şi Rezultatul analizei VRC.

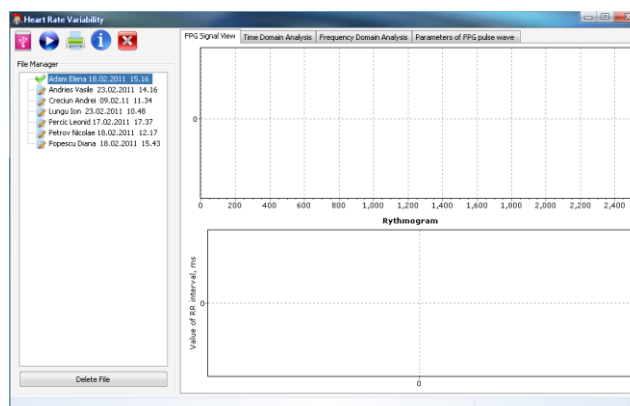


Fig. 6 Interfaţa grafică a soft-ului pentru analiza VRC

Acest soft permite efectuarea analizei ritmului cardiac pe baza semnalului de fotopletismogramă cu durata înregistrării semnalului mai mare de 5 min. Înregistrarea şi vizualizarea semnalului fotopletismografic în timp real. Memorarea semnalului fotopletismografic într-un fişier de tip text şi extragerea cardiointervalelor pe baza semnalului memorat şi obţinerea ritmografei (figura 7).

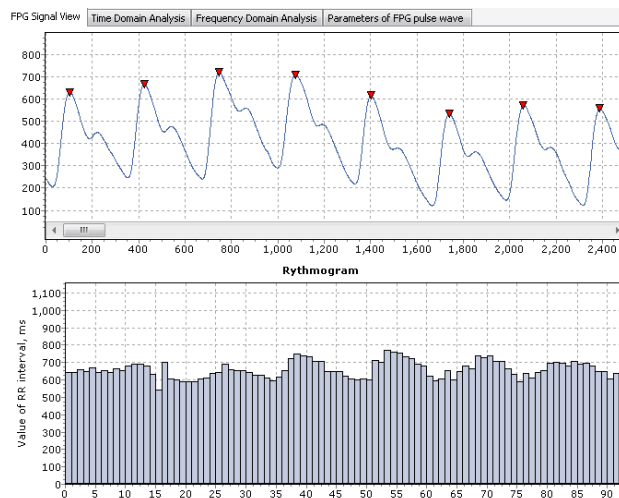


Fig. 7 Extragerea cardiointervalelor pe baza semnalului FPG și obținerea ritmografei.

Permite efectuarea analizei în domeniul de timp a şirului de cardiointervale extras - obţinerea histografei şi scatterografei şi calculul parametrilor temporali: HR,

RRmin, RRmax, SDNN, CV, RMSSD, pNN50, Mo, Amo, dRR, SI (figura 8).

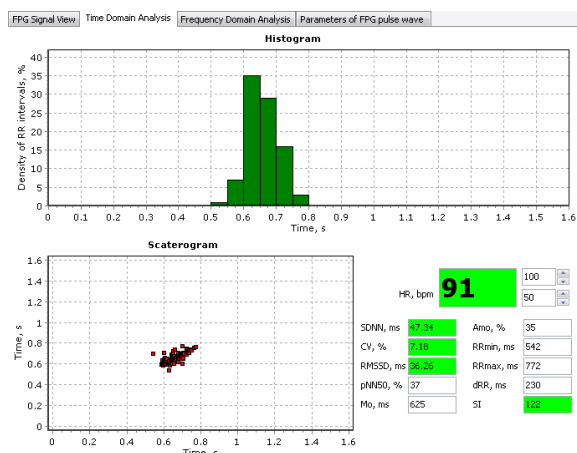


Fig. 8 Obținerea histogramei, scaterogramei și indicatorilor temporali.

TABELUL I. INDICATORII TEMPORALI

HR	Frecvența ritmului cardiac (pulsul) [bătăi/min]
RRmin	Valoarea minimă a cardiointervalor [ms]
RRmax	Valoarea maximă a cardiointervalor [ms]
SDNN	Deviația medie pătratică [ms]
RMSSD	Caracteristica diferenței medii pătratice [ms]
pNN50	Procentajul de intervale RR, care $(RR_i - RR_{i-1}) > 50$ ms, raportat la numărul total de intervale [%]
CV	Coefficientul variației [%]
dRR	Diferența dintre valoarea minimală și maximală a cardiointervalor [ms]
Mo	Moda [ms]
Amo	Amplitudinea Modei
SI	Indexul de stres

Acest soft permite efectuarea analizei în domeniul de frecvență, obținerea distribuției puterii spectrale, calculul puterii spectrale și a componentelor spectrale: ULF, VLF, LF, HF (figura 9).

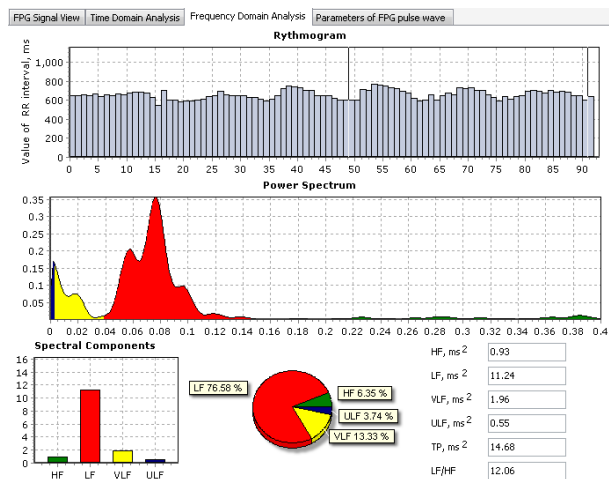


Fig. 9 Rezultatul analizei VRC în domeniul de frecvență. Componentele spectrale

TABELUL II. COMPONENTELE SPECTRALE

HF	Domeniul de frecvență înaltă	0,15-0,4 Hz
LF	Domeniul de frecvență joasă	0,04-0,15 Hz
VLF	Domeniul de frecvență foarte joasă	0,015-0,04 Hz
ULF	Domeniul de frecvență ultra joasă	0,003-0,015 Hz

În cazul utilizării metodei fotopletismografice pentru investigarea VRC poate fi efectuată și o analiză a semnalului fotopletismografic prin calcularea parametrilor principali ai componentei rapide a unei pulsative FPG (figura 10).

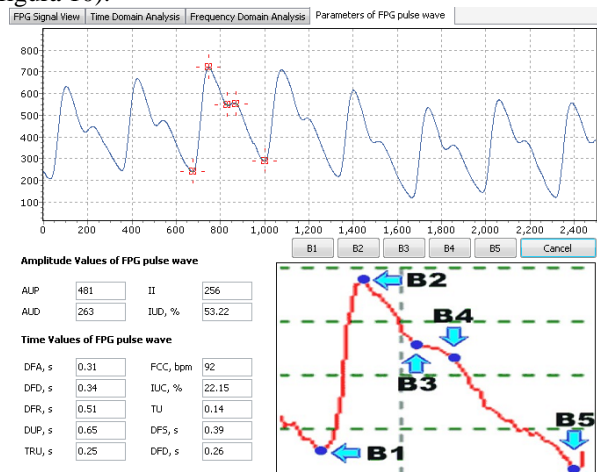


Fig. 10 Parametrii principali ai componentei rapide unei pulsative FPG

TABELUL III. PARAMETRII PRINCIPALI AI COMPONENTEI RAPIDE FPG

AUP	Amplitudinea unei pulsative
AUD	Amplitudinea unei dicrotice
II	Înălțimea incizurii
IUD	Indicele unei dicrotice
DFA	Durata fazei anacrotice a unei pulsative
DFD	Durata fazei dicrotice a unei pulsative
DFR	Durata fazei de coborâre
DUP	Durata unei pulsative
TRU	Timpul reflectării unei pulsative
FCC	Frecvența contracțiilor cardiace
IUC	Indexul unei ascendente
TU	Timpul de ejecție
DFS	Durata fazei sistolice a ritmului cardiac
DFD	Durata fazei diastolice a ritmului cardiac

IV. CONCLUZII

Sistemul elaborat permite analiza în timp a electrocardiogramelor și fotopletismogramelor, a variației lente a acestora, identificarea parametrilor calitativi, permite de a compara vizual semnalele efectuate anterior și cele colectate la moment, permite de a studia variabilitatea ritmului cardiac.

Sistemul are următorii parametri tehnici:

- Numărul de canale – 2 canale cu înregistrarea concomitentă componentelor lente și rapide ale Fotopletismogramelor și 1 canal de Electrocardiografie
- Banda de frecvență – 0,05 – 18 Hz (FPG) și 0,05 – 100 Hz (ECG)
- Frecvența de eșantionare a semnalului – 500 Hz;
- Puterea consumată în regim activ – 0,6 W;
- Durata minimă a timpului de funcționare în regim activ fără reîncărcare – 16 ore;
- Dimensiuni – 110X90X40 mm;
- Masa 400 g.

Sistemul poate fi recomandat pentru producerea și implementarea ulterioară în domeniul ocrotirii sănătății.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Р. М. Рангайян. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход. Москва, Физматлит, 2007.
- [2] R. Sam, K. Darvall, D. Adam, S. Silverman, A. Bradbury, Digital venous photoplethysmography in the seated position is a reproducible noninvasive measure of lower limb venous function in patients with isolated superficial venous reflux. *Journal of Vascular Surgery*, Volume 43 (2006), Issue 2, pp. 335-341
- [3] SAUL JP, ALBRECHT P, BERGER RD, COHEN RJ. Analysis of long term heart rate variability: methods, 1/f scaling and implications. *Computers in Cardiology 1987*. IEEE Computer Society press, Washington 1988: 419-22.
- [4] MALIK M, FARRELL T, CRIPPS T, CAMM AJ. Heart rate variability in relation to prognosis after myocardial infarction: selection of optimal processing techniques. *Eur Heart J* 1989; 10:1060-74.
- [5] MALIK M, XIA R, ODEMUYIWA OET AL. Influence of the recognition artefact in the automatic analysis of long-term electrocardiograms on time-domain measurement of heart rate variability. *Med Biol Eng Comput* 1993; 31: 539-44.
- [6] МАШИИН В.А. Нестационарность и длительность временного ряда сердечного ритма при диагностике функциональных состояний. *Биофизика*, 2007, Т. 52, No 2, с. 344–354
- [7] R.BRYCHTA,R.SHIAVI,D.ROBERTSON. A SIMPLIFIED Two-Component Model of Blood Pressure Fluctuation. *Am.J.Physiol.*,2007,February,292(2),H1193-H1293
- [8] <http://www.ecg.ru/standarts/hrv/contents.htm>
- [9] Методические рекомендации. Исследование вариабельность сердечного ритма с использованием пакета программ «КардиоКит». Санкт-Петербург 2003
- [10] <http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/93/5/1043>
- [11] <http://www.hrv.ru/standart/contents.html>