

Modification of the Algorithm Processing and Control Hardware Functions in the Portable Electrocardiograph for Use in Space Industry

Overchuk K.V., Uvarov A.A., Lezhnina I.A.

Scientific advisor: Goldshtein A.E., Doctor of Technical Science, Professor

Linguistic advisor: Troitsky O.Yu., Doctor of Physics and Mathematical Sciences, Professor

Tomsk Polytechnic University, 30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia

E-mail: kirill_ovk@mail.ru

Portable electrocardiograph is intended for individual usage by human to reveal and follow heart diseases. This kind of heart monitoring is necessary for people who work in harsh conditions and are exposed to various negative factors. Usage of the device will help to detect the heart diseases at early stage.

One of the features, implemented in the device, is the possibility of registration of the electrocardiogram on the fingers of the patient. The ability to connect chest data transmitters is implemented for more detailed checkup in the device. It will allow to make reading the electrocardiography (ECG) in other projections.

The special feature of the device is a use of analog-to-digital converter (ADC) of high resolution (sigma-delta 24-bit ADC), that gave possibility to use digital filters instead of analog ones. Such design of the device was possible by using new components. List of the main elements, used in the device, is described in Table 1.

Table 1 - List of elements with the interface interaction

Element name	Interface of interaction
ADS1292	SPI
LCD Screen	SPI
SD Card	SDIO
Keyboard	GPIO
STM32F152	SWD

Compute core of the device is the 7th family ARM-controller with built-in DSP and FPU functions hardware. It's power is sufficient for all mathematical calculations of digital filters and for the activity of real-time system, which performs necessary functions and operations. The remaining structural elements are standard for devices, which interact with human and a computer.

An embedded software deserves special attention. The development carried out in a framework named CooCox CoIDE, which is intended for software development of microcontrollers of an ARM architecture. GCC compiler was used to compile the source code, it's included in the GNU Tools for ARM-embedded processors. These tools are free and they have a very good support. The debug board STM32F4Discovery is used for debugging.

The software is built on the basis of real-time system named FreeRTOS v4.7.2 [1]. By using of the real-time system it was able to reduce development time by creating relevant tasks. [2]. There is a special set of API functions to control the task. Description of these functions can be found on the FreeRTOS official website [3].

Besides using of the real-time system and creating its objectives, it's required to create of sub-functions of conversion from the ADC 24 - bit data format to 32 - bit format of the microcontroller for the device' work organization. This operation is necessary for the correct work of the microcontroller with negative values obtained from the ADC. Among the required functions for the work of the device there is a builder function of graphs. The function gathers four values, completes the required values between the received values and sends the entire array on the display by SPI interface. Similar organization is necessary because of the hardware requirements of the

display. Besides the above-described features it may be noted that the data are sent to the memory card with a frequency of 500 SPS, but the data, which are sent to the display, have frequency of 125 SPS. This change of the sampling frequency was necessary to fit for about two seconds of time on the display.

It is also necessary to note that there are two IIR digital filter used for correct displaying of the ECG. High-pass filter with a cutoff frequency of 1 Hz removes baseline drift, which can be about 300 mV, according to it, ECG graph does not go beyond the borders of the display. Low-pass filter with a cutoff frequency of 45 Hz is meant for filtering power-supply noise and other high-frequency noises that greatly distort the ECG graph on the display. The infinite impulse response (IIR) filters were used due to they have greater signal attenuation at a intended frequency under the small order of the filter in comparison with finite impulse response (FIR) filters.

As a result of all the above-described developments there is a graph of the data, imported from the Secure Digital (SD) card, built with the help of a software package MatLab (Figure 1).

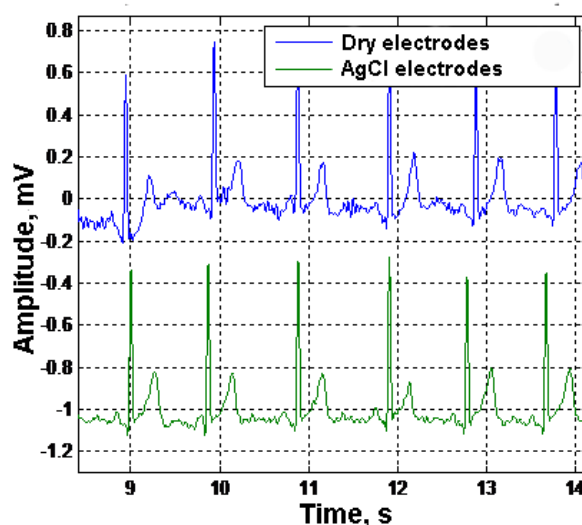


Figure 1 - The patient's ECG №1

Figure 1 shows the electrocardiogram read out the fingers of the patient. It is possible to carry out simple methods of analysis of the heart conditions in the form of registration of various arrhythmias with the help of obtained data.

For using this device in the space industry it is necessary to modernize it according to the following criteria:

4. To increase the reliability of operation and fail-safety of the device.
5. To provide the safety of the obtained data.
6. To improve the quality of the obtained signal.

Increasing the reliability of operation and fail-safety of the device can be achieved by using duplicate functions in the software. Additional duplicate functions must control the state of the system and can be activated and replace them in case of failure of one or more functions. Hardware resource allows duplicate the system fully.

Safeguarding the received data is possible due to using FLASH memory and read-write algorithm on it. FLASH memory is resistant to physical action, and for memory protection against electromagnetic effects it is necessary to place it in to shield frame.

To improve the quality of the signal it is necessary to arrange the high-quality operational amplifiers with high input resistance for signal conditioning.

Addition of these modifications allows to use the portable electrocardiograph in the space industry.

References:

1. Борисов-Смирнов А. Операционные системы реального времени для микроконтроллеров. //Chip news. 2012. № 5. – 20 с.
2. Сорокин С. Системы реального времени. //Современные технологии автоматизации. 2010. № 2. – 25 с.
3. FreeRTOS описание функций API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.freertos.org/a00106.html>.

Neuer Raketentreibstoff aus Aluminium und Wasser dank Nanotechnologie

Ovsiyannikova N.A.

Wissenschaftliche Betreuerin: Tarasova L. V. Doktor der Pädagogik, Dozentin

Polytechnische Universität Tomsk, 634050, Russland, Tomsk, Lenin-Pr., 30

E-mail: natali-ay92@mail.ru

Mit den richtigen Stoffgemisch ist Aluminium zu heftigen chemischen Reaktionen fähig. In den Boostern von Spaceshuttlesverbrenntes mit Ammoniumperchlorat; mit Eisenoxidschmilztes als Thermitdurchdicke Stahlträger. Die NASA und die US Air Force starteten nun eine Testrakete, die dank neuer Aluminium-Nanopartikel nur noch Wasser als Reaktionspartner benötigt. Auch auf Mond und Mars ließe sich das Gemischproduzieren. Im Alltag kennen wir Aluminium als langlebiges, rostfreies Material. Chemischgesehen ist es jedoch tatsächlich eines der unedelsten und damit reaktionsfreudigsten Metalle. In Kontakt mit Wasserentzündet den H₂O-Molekülen sofort den Sauerstoff und setzt Wasserstoff und Energiefrei. Dies bleibt uns jedoch meist verborgen, da das blanke Metall auch an der Luft sofort mit Sauerstoff reagiert und sich mit einer dünnen Oxidschicht überzieht, die weitere Reaktionen stoppt [1].

Schon seit den 1960er Jahren forschen Chemiker daher an Methoden, diesen Prozess zu unterbinden, um das enorme Energiepotenzial von Aluminium nutzbar zu machen. Legierungen mit exotischen Metallen wie Gallium oder Quecksilber sind eine teure und giftige Lösung des Problems [2]. In Reaktionen bei Temperaturen von mehr als 2000 Grad wie mit Ammoniumperchlorat oder Eisenoxidschmilzt die Oxidkruste und stellt kein Problem mehr da. Jedoch ist hier eine entsprechend heiße Zündflamme nötig.

Eine neue Lösung eröffnete in den vergangenen Jahren die Nanotechnologie: Verkleinert man die Aluminiumkörner bis zu einem Durchmesser von wenigen Milliardstel Metern, so ist auch die Oxidschicht nur noch einige Atomlagen dick und bricht dementsprechend schnell auf. Dieses Nano-Aluminium (nAl) reagiert nun bereits bei Zündtemperaturen unter 600 Grad mit Wasser und setzt dabei so viel Energie frei, dass die Reaktion sich selbst aufrechterhält [3].

Der neue Raketentreibstoff ALICE ist ein Gemisch von nAl und Wassereis (Al + Ice). Die Rohpaste lässt sich leicht in Raketenfüllen und dort einfrieren. Das Material ist durch die hohe Zündtemperatur unempfindlich gegenüber Stößen, Funken und elektrischen Entladungen. Beim Abbrennen entstehen lediglich Wasserstoff und Aluminiumoxid (besser bekannt als Tonerde) [1]. Bei den bisherigen Tests verbrannte der Wasserstoffungenutzt in der Luft. Die beteiligten Forscher der Purdue University im US-Bundesstaat Indiana wollen dem Gemisch in Zukunft Stoffe begeben, die zusätzlichen Sauerstoff erzeugen, so dass auch der Wasserstoff verbrennt und weiteren Schub liefert. Nach ersten Berechnungen könnte die Schubleistung von ALICE dann deutlich über der von bekannten Festbrennstoffen liegen [1].

Der größte Nachteil dieser Technik ist die aufwendige Produktion von nAl. Die Nanopartikel entstehen nur im Hochvakuum in einer 10 000 Grad heißen Plasmaflamme. Auch das rohe Aluminium lässt sich nur unter sehr viel Energieaufwande elektrochemisch aus Erz gewinnen. Eine große Zukunft könnte ALICE jedoch trotzdem im Raumflug bevorstehen, denn Aluminiumverbindungen und Wassereis kommen sehr häufig im Sonnensystem vor. Auf Mond, Mars und anderen Himmelskörpern ließe sich somit Treibstoffdirekt vor Ort erzeugen [1].