

мобильного программного кода вычислительного процесса. Альманах современной науки и образования, г. Тамбов: Грамота, 2016, № 9 (111), ISSN 1993-5552, pp. 10-14.

7.SAFONOV Gh., ABABII V., SUDACEVSCHI V. Analysis of distributed computing architectures for

synthesis of multi-agent systems. European Applied Sciences Journal, № 9 2016 (September), ISSN 2195-2183, pp. 34-37.

8. [http://nodemcu.com/index\\_en.html](http://nodemcu.com/index_en.html).

9. ESP8266 Datasheet. (Доступен на: <http://espressif.com/sites/default/files/>).

## SYNTHESIS OF PARALLEL DATA ACQUISITION SYSTEM FOR ANALYSING OF MULTIDIMENSIONAL SIGNALS

*Ababii V.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

*Sudacevschi V.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

*Calugari D.*

*Technical University of Moldova, Republic of Moldova*

## СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА МНОГОМЕРНЫХ СИГНАЛОВ

*Абабий В.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

*Судачевски В.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

*Калугарь Д.*

*Технический Университет Молдовы, Республика Молдова*

### ABSTRACT

In this paper, we present the results of the synthesis of a system for parallel data acquisition for the analysis of multidimensional signals. As a result of the design, a structural and functional diagram was obtained, a time diagram containing a sequence of signal conversion and synchronization.

### АННОТАЦИЯ

В данной работе представлены результаты синтеза системы параллельного сбора данных для анализа многомерных сигналов. В результате проектирования были получены структурная и функциональная схема, и временная диаграмма содержащая последовательность преобразования сигналов и синхронизации.

**Keywords:** multidimensional processes, multidimensional signals, data acquisition, temporal synchronization, temporal interpolation.

**Ключевые слова:** многомерные процессы, многомерные сигналы, сбор данных, временная синхронизация, временная интерполяция.

### Введение

Окружающий нас мир можно представить в виде многомерного процесса, где любое измерение рассматривается в многомерной системе координат или многосвязных параметров (сигналов). Наиболее распространенные области науки, в которых исследуются многомерные процессы или многосвязные параметры (сигналы), это биология, экономика и социология. Классическим примером исследования многомерных сигналов представляет процесс ввода, обработки и хранения сигналов головного мозга [1, 2], где рассматриваются многоканальный способ параллельного ввода и обработки многомерных сигналов.

В работе [3] изложены необходимость, основные методы и модели цифровой обработке многомерных сигналов, такие как: теория цифровой

фильтрации, дискретное Фурье и  $z$  - преобразование, двумерные рекурсивные и не-рекурсивные дискретные фильтры.

Также, основные методы предварительной обработке, мультиплексирование аналоговых сигналов, методы измерения электрических и неэлектрических параметров, методы изоляции и согласования сигналов, и аналого-цифровое преобразование многомерных сигналов рассмотрены в работе [4].

Основной задачей при вводе и обработке многомерных сигналов является пространственная и временная синхронизация. Данные задачи рассмотрены в работах [2, 5, 6], где авторы концентрируются на обработку сигналов ЭЭГ человека, которые могут служить в качестве прототипа для исследования других многомерных процессов.

Один из методов пространственной и временной синхронизации является интерполирование [7]. При помощи интерполяции можно получить точные значения для соответствующих моментов времени, или для соответствующих пространственных точек с заданными координатами.

Частный случай цифровой обработки многомерных сигналов предложен в работах [8, 9], где рассмотрены способы оценки функциональности и корректности печатных плат.

#### Постановка задачи для синтеза системы параллельного сбора данных для анализа многомерных сигналов

Предположим, что в трехмерном пространстве

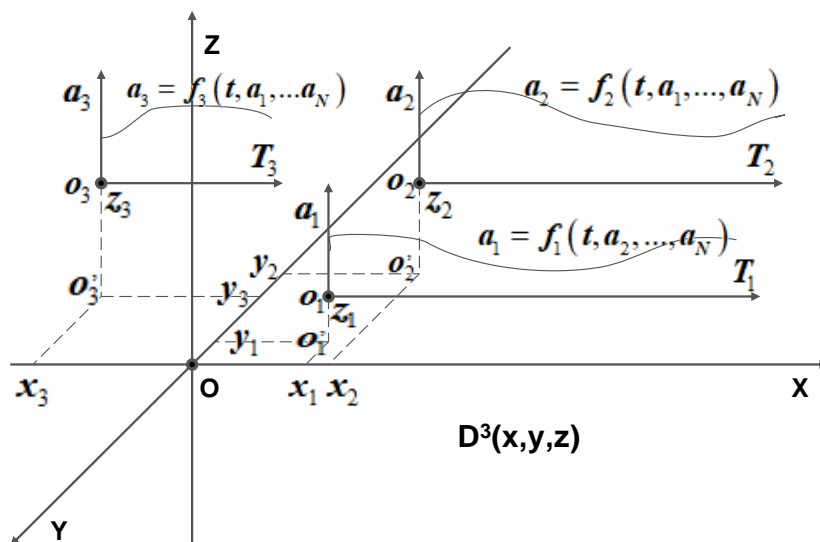


Рисунок 1. Трехмерное пространство с сигналами состояния процесса.

Целью данной работы является проектирование системы для параллельного ввода многомерных сигналов (Рисунок 1), их временная интерполяция с последующей пространственной и временной синхронизацией для анализа.

#### Структурная схема системы параллельного сбора данных для анализа многомерных сигналов

Структурная схема системы параллельного

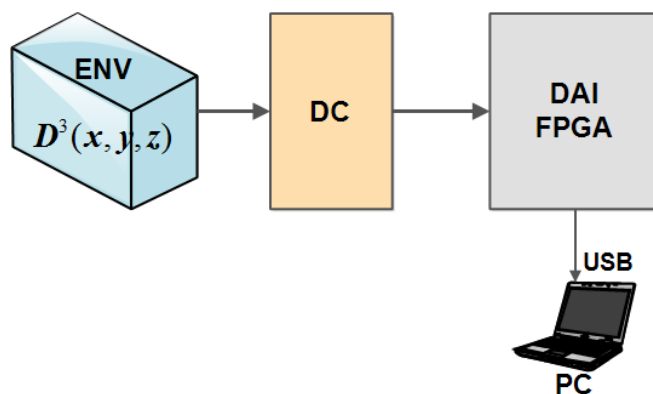


Рисунок 2. Структурная схема системы параллельного сбора данных для анализа многомерных сигналов.

Функциональная схема системы параллельного сбора данных

$D^3(x, y, z)$  (Рисунок 1) задан многомерный процесс, который генерирует множество сигналов состояния с амплитудами  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$  (1):

$$a_i = f_i(t, a_j, \forall j = \overline{1, N}, j \neq i), \quad (1)$$

где:  $a_i$  - амплитуда сигнала в точке с координатами  $O_i = (x_i, y_i, z_i)$ ;  $f_i$  - функция, определяющая динамику амплитуды сигнала  $a_i$  в зависимости от времени  $t$  и соседних сигналов  $a_j, \forall j = \overline{1, N}, j \neq i$ .

сбора данных для анализа многомерных сигналов представлена на Рисунке 2, где:  $ENV$  - исследуемое пространство;  $DC$  - блок предварительной обработки сигналов;  $DAI / FPGA$  - блок интерфейса и цифровой обработки данных;  $PC$  - ЭВМ для конфигурации блока  $DAI / FPGA$ , ввода данных через стандартный интерфейс  $USB$  и анализа данных.

Функциональная схема системы параллельного сбора данных содержит  $N$

однородных каналов и представлена на Рисунке 3. Каждый канал обрабатывает один сигнал состояния  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$  и включает следующие функциональные блоки:

$s_i, \forall i = \overline{1, N}$  - множество датчиков преобразующие сигналы состояния в электрические сигналы  $u_i, \forall i = \overline{1, N}$ ;

$\frac{du_i}{dt}, \forall i = \overline{1, N}$  - блоки дифференцирования по времени, которые вычисляют скорость изменения входного сигнала;

$\dot{u}_i, \forall i = \overline{1, N}$  - результаты дифференцирования;

$\int_{T_i}^{T_{\Delta D}} \dot{u}_i dt, \forall i = \overline{1, N}$  - блоки интегрирования, выполняют интегрирование на интервале времени  $[T_i, T_{\Delta D}]$ , где  $T_i$  - начало интегрирования и  $T_{\Delta D}$  - время конец интегрирования, пока не будет достигнут результат интегрирования  $u_i^I \geq u_{\Delta D}^+$  или  $u_i^I \leq u_{\Delta D}^-$ ;

$u_i^I, \forall i = \overline{1, N}$  - результаты интегрирования;

$$\Delta D_i = \begin{cases} + |u_i^I \geq u_{\Delta D}^+ \\ 0 |u_{\Delta D}^+ > u_i^I > u_{\Delta D}^- \\ - |u_i^I \leq u_{\Delta D}^- \end{cases}, \forall i = \overline{1, N}$$

- блоки сравнения, выполняют сравнение результата интегрирования  $u_i^I$  с пороговыми напряжениями:  $u_{\Delta D}^+$  - при положительном результате интегрирования и  $u_{\Delta D}^-$  - при отрицательном результате интегрирования;

$CT(u_i), \forall i = \overline{1, N}$  - счетчики числа импульсов, ведут подсчет числа раз выполнения условия сравнения результата интегрирования с пороговыми напряжениями. Счетчики  $CT(u_i)$  генерируют адреса  $Adr(a_i), \forall i = \overline{1, N}$  для оперативной памяти  $RAM(a_i), \forall i = \overline{1, N}$ , в которой хранится текущее время выполнения условия сравнения и биты знака интегрирования (+) и (-);

$WR_i, \forall i = \overline{1, N}$  - сигналы для синхронизации записи данных в память  $RAM(a_i), \forall i = \overline{1, N}$ ;

$D_M \div D_0$  - младшие разряды данных, которые содержат текущее время;

$D_{M+2}$  - старший бит данных, который содержит значение сигнала «+» генерируемый блоком сравнения;

$D_{M+1}$  - бит данных позиции  $M+1$ , который содержит значение сигнала «-» генерируемый блоком сравнения;

$RST(Int_i), \forall i = \overline{1, N}$  - сигналы сброса соответствующего интегратора для начала нового цикла интегрирования;

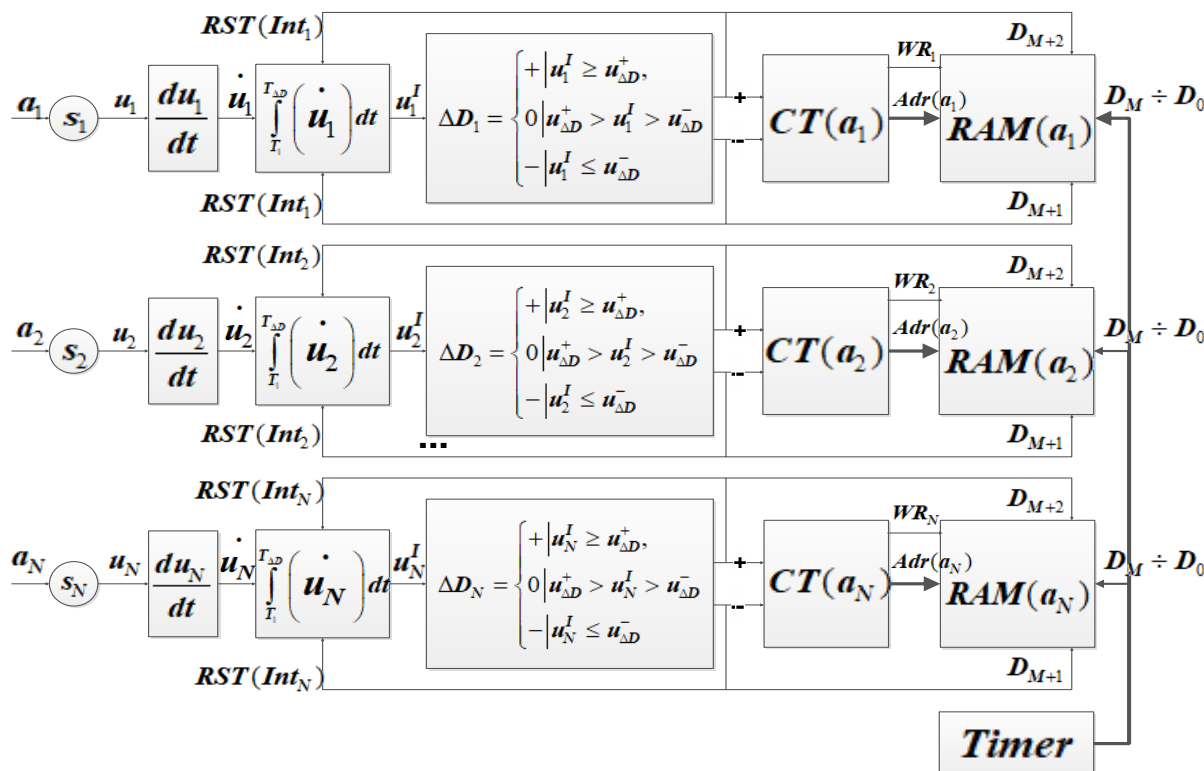


Рисунок 3. Функциональная схема системы параллельного сбора данных.

Процесс функционирования системы параллельного сбора данных объясняется временной диаграммой, которая представлена на Рисунке 4.

Сигналом  $CLK$  происходит инкрементирование таймера  $Timer$ , который ведет подсчет системного времени с интервалами  $\Delta T$ . График  $u_i$  представляет собой сигнал, полученный от датчика и пропорционален амплитуде измеряемого параметра состояния  $a_i$ . Диаграмма  $u_i^I$  отображает процесс интегрирования  $Int_i$  и процесс инициализации интегратора  $RST(Int_i)$ . В зависимости от состояния интегратора генерируются сигналы  $\Delta D_i$ , которые определяют шаг дискретизации входного сигнала  $u_i$  и знак результата интегрирования. При положительном знаке результата интегрирования генерируется сигнал (+), при отрицательном знаке результата интегрирования генерируется сигнал

(-). Сигналом  $RST(Int_i) = (+) \oplus (-)$  происходит инициализация соответствующего интегратора. Одновременно происходит инкрементирование  $Inc(CT_i)$  счетчика  $CT(a_i)$  соответствующего канала. Счетчик  $CT(a_i)$  генерирует адрес памяти  $Adr(RAM_i)$ . Сигналом  $WR_i$  по указанному адресу  $Adr(RAM_i)$  записывается содержимое таймера  $Timer$  в разрядах  $D_M \div D_0$ , в разряд  $D_{M+1}$  значение сигнала (-), и в разряд  $D_{M+2}$  значение сигнала (+).

Таким образом, в памяти  $RAM(a_i)$  каждого канала накапливаются контрольные точки содержащие направление изменения уровня входного сигнала  $u_i$  и текущее системное время, в котором был переход через шаг дискретизации.

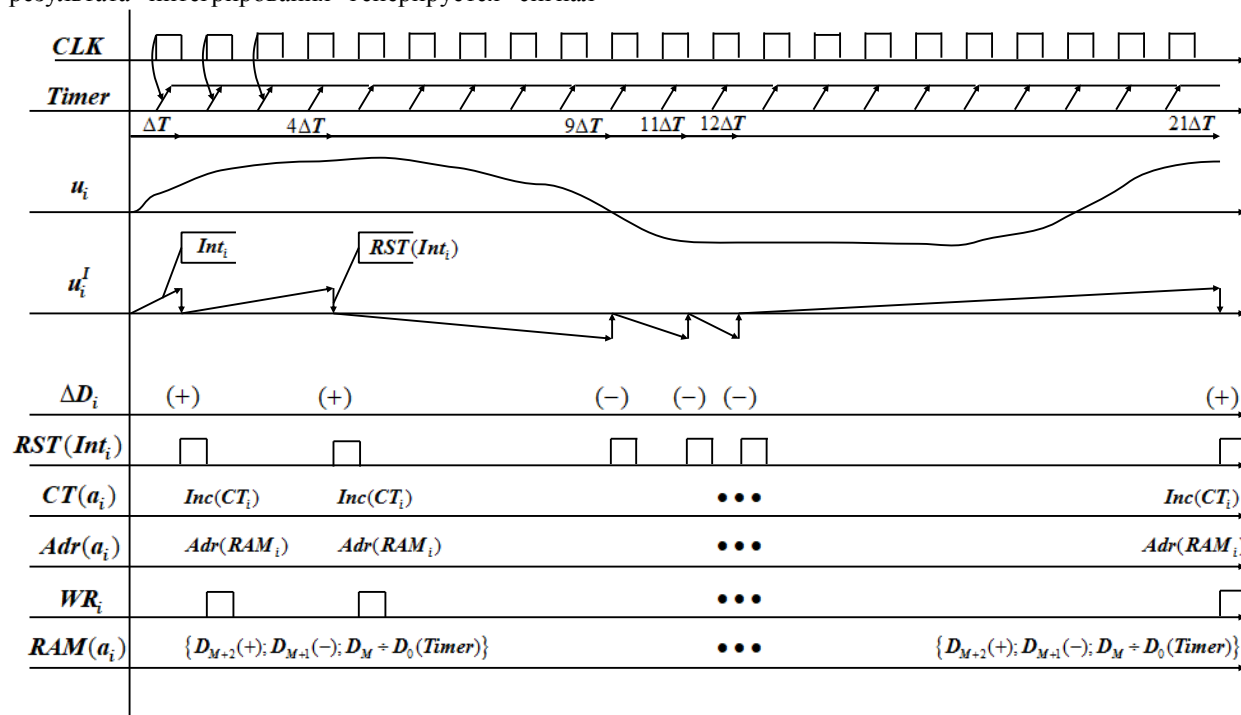


Рисунок 4. Временная диаграмма функционирования одного канала системы для сбора данных.

#### Восстановление данных методом интерполяции по времени

Пример восстановления данных, для одного канала, методом линейной интерполяции [7] по времени представлен на Рисунке 5, где:

$OTu_i$  - система координат, состоящая из:  $OT$  - координаты по времени с шагом дискретизации  $\Delta T$  и  $Ou_i$  - координаты амплитуды сигнала с шагом дискретизации  $\Delta u_i$ ;

$u_i = g(t, a_j, \forall j = \overline{1, N})$  - исходный аналоговый сигнал, предназначенный для ввода и анализа;

$u_i^* = g^*(t^*)$  - восстановленный сигнал, методом линейной интерполяции, который формирует множество прямолинейных отрезков  $O, p_1, p_2, p_3, \dots$ ;

$\{d_7; d_6; d_5 d_4 d_3 d_2 d_1 d_0\}$  - данные полученные из памяти  $RAM(a_i)$  для восстановления сигнала, где:  $d_7 = (+)$ ,  $d_6 = (-)$  и  $d_5 \div d_0 = (Timer)$ .

Для более точного вычисления амплитуды восстанавливаемого сигнала  $u_i^*$  и синхронизации по времени многомерных сигналов, на отрезке  $[p_1(3\Delta T, \Delta u_i), p_2(10\Delta T, 2\Delta u_i)]$  показан

пример деления интервала времени  $[3\Delta T, 10\Delta T]$  на множество под-интервалов длительностью  $\tau$ .

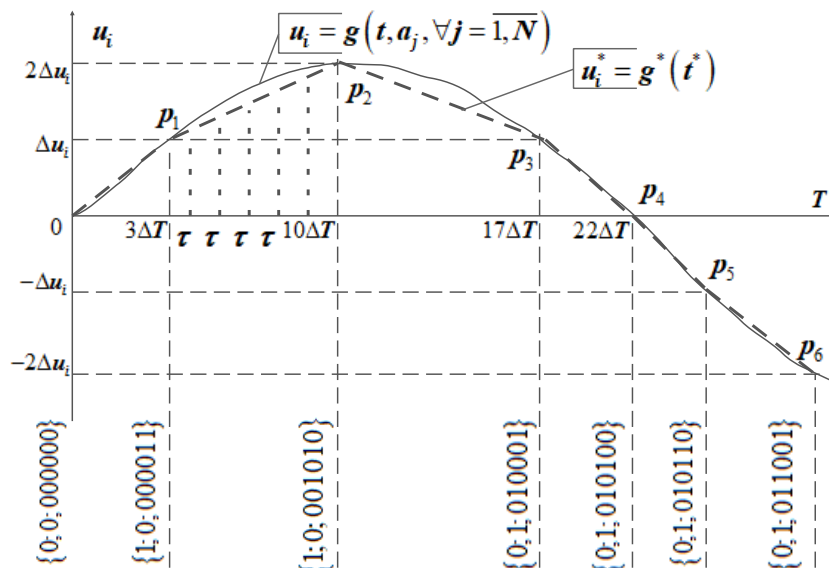


Рисунок 5. Восстановление данных для одного канала методом интерполяции по времени.

### Выводы

В результате синтеза системы параллельного сбора данных для анализа многомерных сигналов были получены: структурная схема, функциональная схема и временная диаграмма, которая представляет последовательность преобразования сигналов и синхронизации. Представлен пример восстановления данных методом линейной интерполяции для предоставления возможности временной синхронизации между сигналами.

Процесс преобразования сигналов заключается в определении шага дискретизации по времени и по амплитуде, вычисление скорости изменения амплитуды входного сигнала, и вычисление контрольных точек содержащие направление изменения входного сигнала и текущее системное время. Полученные данные записываются в оперативную память для последующего считывания и цифровой обработке на базе ЭВМ.

В рамках данной работы предусматриваются следующие дальнейшие действия: исследование и проектирование технических и программных средств автоматизации синтеза системы параллельного сбора данных для анализа многомерных сигналов.

### Список использованной литературы

1. Kida T., Tanaka E. and Kakigi R. Multi-Dimensional Dynamics of Human Electromagnetic Brain Activity. *Front. Hum. Neurosci.* 9:713. 2016. doi: 10.3389/fnhum.2015.00713.
2. Prochzka A., Bartoov V., and O. Vyata O. Multi-channel signal segmentation and classification. *In Proceedings of the 8th IASTED International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing.* September 1 – 3, 2008, Palma de Mallorca, Spain. ISBN: 978-0-88986-759-8. (Доступен на:

<http://www.actapress.com/Abstract.aspx?paperId=33936>).

3. Даджион Д., Мерсеро Р. Цифровая обработка многомерных сигналов: Пер. с англ.— М.: Мир, 1988.— 488 с.

4. *Data Acquisition Handbook. A Reference for DAQ and Analog & Digital Signal Conditioning.* Third Edition. Measurement Computing Corporation USA 2012. – 145 p. (Доступен на: <http://www.mccdaq.com/pdfs/anpdf/Data-Acquisition-Handbook.pdf>).

5. Фингелькурц А. Пространственно-временная организация сегментной структуры ЭЭГ человека. Дисс. раб., МГУ, Москва, 1998, 273 стр.

6. Коробейникова И. Связь пространственной синхронизации биопотенциалов тета-диапазона ЭЭГ человека с разной успешностью выполнения зрительно-пространственных задач. *Физиология человека*, 37 (5), 2011, стр. 26-34. ISSN: 0131-1646.

7. Шарый С. Курс вычислительных методов. Институт вычислительных технологий СО РАН, Новосибирск, 2017, 574 с.

8. Ababii V., Sudacevschi V., Calugari D., Bordian D. Система цифровой обработки многомерных сигналов для оценки функциональности печатных плат. *INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH*, Сборник статей VIII Международной научно-практической конференции, Пенза, 27 апреля 2017 г., стр. 112-115, ISBN: 978-5-9500235-0-7. (РИНЦ: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29050070>).

9. Калугарь Д., Абабий В., Судачевски, В. Цифровая обработка многомерных сигналов для оценки корректности печатных плат. *Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали міжнар. наук.-прак. конф., 5-7 квіт. 2017р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2017. стр. 94, ISBN: 978-966-284-110-7.*