

ботка сигнала осуществляется с помощью 12 разрядного АЦП, частота зондирующего тока 50 и 100 кГц, при силе 0,5 мА. Существенный минус данного варианта – устаревший порт подключения к ПК («СОМ») [6].



Рисунок 2 – Реограф «Мицар-РЭО»

Реограф «Диамант-Р» (рис. 3) также производится в С-Петербурге. Аппарат имеет 4 РЕО канала и 1 ЭКГ канал, частоты зондирующего тока 28, 115 и 230 кГц. Подключение к компьютеру осуществляется с помощью «СОМ» порта [7].



Рисунок 3 – Реограф «Диамант-Р»

Сравнив существующие приборы РЕО на отечественном рынке, можно сделать вывод, что аппараты, имеющие возможность проведения исследования не в стационарных условиях, не могут использоваться для круглосуточного мониторинга, так как передача данных в ПК осуществляется посредством кабеля через устаревший последовательный порт. По той же причине необходимо при-

сутствие медицинского работника непосредственно в месте проведения исследования.

Цель дальнейших разработок – создание аппарата, способного передавать данные реографии по современным каналам связи, удаленно. Это позволит производить мониторинг гемодинамики в комфортных для пациента условиях и избавит от необходимости присутствия обслуживающего прибор персонала.

Литература

1. Столыпинский вестник / Д. А. Узеньков [и др.] // Теоретические основы проектирования блока регистрации реовазографического сигнала. – 2021. – Т. 4, № 3.
2. Мугерман, Б. И. Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта / Мугерман Б. И., Багманова Р. Г. // О целесообразности применения реоэнцефалографии для диагностики при шейном остеохондрозе с недостаточностью вертебробазиллярного кровообращения. – 2007. – № 2.
3. Вестник восстановительной медицины / М. А. Хан [и др.] // Современные технологии медицинской реабилитации при травме верхней конечности у детей. – 2020. – № 4.
4. Официальная информация производителя: брошюра [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://medicom-mtd.com/PDF/booklet/catalogue_Rean-Poly_Ru.pdf.
5. Официальная информация производителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://medsnab.ru/shop/diagnosticheskoe/reografy/reograf-mitsar-geo>.
6. Официальная информация производителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ambimed.ru/product>.

УДК 621.382

КЛАССИФИКАЦИЯ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТЕСТИРОВАНИЯ ЭКБ В ДИАПАЗОНЕ ТЕМПЕРАТУР Ефименко С.А., Смолич В.А.

ОАО «ИНТЕГРАЛ» – управляющая компания холдинга «ИНТЕГРАЛ»
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Работоспособность электронной аппаратуры в широком диапазоне температур окружающей среды определяется в первую очередь работоспособностью используемой элементной компонентной базы (ЭКБ). В работе приведены обзор и классификация оборудования для тестирования в серийном производстве микросхем и полупроводниковых приборов в диапазоне температур. Показаны основные характеристики автоматизированных и неавтоматизированных устройств, предназначенных для задания температур при тестировании.

Ключевые слова: измерение, тестирование, микросхемы, полупроводниковые приборы, диапазон температур.

CLASSIFICATION OF DEVICES FOR THE ORGANIZATION OF ECB TESTING IN THE TEMPERATURE RANGE

Efimenko S., Smolich V.

JSC "INTEGRAL"
Minsk, Republic of Belarus

Annotation. The operability of electronic equipment in a wide range of ambient temperatures is determined primarily by the operability of the element component base (ECB) used. The paper provides an overview and classification of equipment for testing in the mass production of microcircuits and semiconductor devices in the temperature range. The main characteristics of automated and non-automated devices designed to set temperatures during testing are shown.

Keywords: measurement, testing, microchips, semiconductor devices, temperature range.

Адрес для переписки: Ефименко С.А., ул. Казинца И.П., 121-А, Минск 220108, Республика Беларусь
e-mail: SEfimenko@integral.by

ЭКБ для аппаратуры массового применения (коммерческой) должна быть работоспособна в диапазоне от минус 10 °С до плюс 70 °С, для промышленной аппаратуры – от минус 20 (иногда указывают минус 40) до плюс 85 °С, для автомобильной электроники – от минус 40 до плюс 125 °С, для аппаратуры специального применения и для космоса – от минус 60 °С до плюс 125 °С. Для того, чтобы гарантировать работоспособность элементной базы в этом диапазоне температур необходимо проводить их тестирование с использованием специального оборудования. Процесс тестирования обычно включает в себя проведение функционального контроля и проверки электрических параметров в соответствии конструкторской документацией и техническими условиями на микросхему [1]. В серийном производстве особую важность приобретает производительность процесса тестирования, поскольку большая длительность тестирования может привести к росту себестоимости микросхем.

В общем случае для проведения тестирования ЭКБ в диапазоне температур в серийном производстве используется программно-аппаратный комплекс, состоящий из тестера или автоматизированной измерительной системы (АИС) с персональным компьютером (ПК) и устройства, обеспечивающего задание температуры с требуемой точностью.

ПК обеспечивает управление комплексом, разработку и отладку специальных измерительных программ. АИС обеспечивает процесс проведения функционального контроля и измерение электрических параметров микросхем [2]. В настоящее время в отечественном серийном производстве для тестирования ЭКБ в широком диапазоне температур используется большое количество АИС, которые работают в комплексе с проходными камерами и УИК.ИМ. Однако в последнее время появилось ряд новых устройств для задания температуры при тестировании ЭКБ, классификация которых приведена на рис. 1.

В качестве основных неавтоматизированных устройств здесь представлены два типа УИК.ИМ 1-019 (АО «НПЦ «ЭлТест», Санкт-Петербург), и ThermoJet (SP SCIENTIFIC, США).

В мелкосерийном производстве для тестирования микросхем в диапазоне температур обычно применяются устройства типа УИК.ИМ. Диапазон подаваемых температур устанавливается в пределах от минус 110 °С до плюс 150 °С. Время достижения теплового режима составляет 10–20 минут, расход жидкого азота – 4 кг/ч, производительность – до 60 приборов в час. Устройства УИК.ИМ отличаются относительно низкой стоимостью.

Устройства термостатирующие ThermoJet и Thermostream используют терморукав, обеспечивают контролируемый диапазон температур от минус 80 °С до плюс 225 °С с точностью 0,5–1 °С.

Они позволяют производить интенсивное изменение температуры даже в режиме 24/7 (24 часа, 7 дней в неделю) в цикле от +125 °С до –55 °С / от –55 °С до + 125 °С. Эти устройства характеризуются самым малым временем достижения требуемой температуры – 10–15 секунд. Устройства не требуют использования внешнего источника охлаждения, такого как жидкий диоксид углерода или азот, а используют стандартные, экологически чистые хладагенты.



Рисунок 1 – Классификация устройств для задания температур при тестировании ЭКБ

Отсутствие длинных соединительных кабелей у неавтоматизированных устройств позволяет производить тестирование ЭКБ на частотах более 20 МГц.

Недостатком таких устройств является возможность одновременного тестирования только одной микросхемы. Автоматизировать процесс тестирования на крайних температурах возможно путем использования устройств термостатирующих ThermoJet ES и ATS-710-M Thermostream в комплекте с гравитационными хендлерами MH200 EVO/ MH250 EVO, о чем более подробно рассмотрено в литературе [2].

Более производительными устройствами по сравнению с выше рассмотренными являются проходные камеры ПКВ-1, ПКВ-2, ПКВ-2М, ПКВ-3, ПКВ-4, ПКВ-5 (НИИПП г. Воронеж).

Отличаются камеры ПКВ друг от друга размерами используемых спутников-носителей 19×25 мм (ПКВ-1), 32×32 мм (ПКВ-2 и ПКВ-2М), 51×51 мм (ПКВ-3), 94×94 мм (ПКВ-4), 63×63 мм (ПКВ-5). Отклонение температуры в рабочей зоне от ±3 до ±5 °С, производительность тестирования – от 400 до 2000 приборов в час. Недостатком проходных камер является наличие дополнительного жгута, что создает серьезные проблемы на высоких частотах.

Проходная камера ЗАО «ПКК Миландр» имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с камерами ПКВ: более высокая точность поддержания заданной температуры ±1,5 °С, меньший

интервал времени достижения предельных температур – 20 вместо 30–50 мин., уменьшенный расход азота – 2 литра в час вместо 6.

Хендлер (англ. Handler) – манипулятор, специализированное устройство для сортировки микросхем по группам. Для измерения микросхем при крайних температурах при наличии существенных объемов выпуска используются хендлеры компаний: Multitest, Exatron, Rasco, Microtec, Seiko-Epson, Chroma, JHT, Advantest и др.

Хендлеры обеспечивают автоматизированное перемещение микросхем в температурной камере с лотка в контактирующий узел, подключенный к АИС, и перемещение в другие лотки после тестирования. Лотки отдельные для годных по электрическим параметрам микросхем и для бракованных. Хендлеры обеспечивают одновременное тестирование как одной микросхемы так и параллельное тестирование 2, 4 или даже 8 микросхем («Multiple Site»-режим) и обеспечивают производительность тестирования от 500 до 6600 приборов в час. Оборудование такого типа стоит сотни тысяч дол-

ларов, поэтому основной недостаток установок Хендлер является высокая стоимость.

Более подробно характеристики установок рассмотрены в литературе [2].

Таким образом, сегодня на рынке существует достаточно большой ряд автоматизированных и неавтоматизированных устройства, задающих температуру при тестировании ЭКБ. Выбор конкретного устройства осуществляется исходя из требуемого температурного диапазона, объема выпуска ЭКБ и финансовой возможности осуществить закупку.

Литература

1. Ефименко, С. А. Модернизация метода тестирования мощной интегральной микросхемы или полупроводникового прибора в диапазоне температур / С. А. Ефименко, Н. В. Кособуцкая // 14-я международная научно-техническая конференция «Приборостроение – 2021». – Минск: БНТУ. – 2021.
2. Белоус, А. Особенности организации тестирования ЭКБ в диапазоне температур / А. Белоус, С. Ефименко, В. Смолич // «Электроника: Наука, Технология, Бизнес». – 2022. – № 6.

УДК 621.3.049.77: 681.586

МОДУЛЬ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Шевченко А.В.

ОАО «МНИПИ»
Минск, Республика Беларусь

Аннотация. Представлены результаты разработки модуля параметрического контроля для измерения параметров окружающей среды: температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха.

Ключевые слова: беспроводные сенсорные сети, контроль температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха.

PARAMETRIC CONTROL MODULE FOR WIRELESS SENSOR NETWORKS Zdorovtsev S., Kushnerov D., Shevchenko A.

OJStock "MNIPI"
Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The results of the development of a parametric control module for measuring environmental parameters such as: temperature, humidity, atmospheric pressure, illuminance, air flow rate are presented.

Keywords: wireless sensor networks, temperature control, humidity, atmospheric pressure, illuminance, air flow rate.

Адрес для переписки: Здоровцев С.В., ул. Я. Коласа, 73, Минск 220113, Республика Беларусь
e-mail: ieic@mail.ru

В настоящее время широкое распространение получили беспроводные сенсорные сети. Последние разработки в области MEMS-сенсоров и беспроводной связи позволили создать высокоэффективные, маломощные, миниатюрные, интеллектуальные датчики, которые могут быть развернуты в широком пространстве и могут быть связаны через беспроводные каналы связи и Интернет для различных гражданских и военных приложений [1–2].

В работе представлены результаты разработки модуля параметрического контроля для беспроводных сенсорных сетей, предназначенного для измерения параметров окружающей среды: температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха.

Структурная схема модуля представлена на рис. 1. В состав модуля входят датчики температуры, влажности, атмосферного давления, освещенности, скорости потока воздуха. Для отоб-