

НОРМИРОВАНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЛЯ ЦИФРОВОГО ЦВЕТОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА

А. С. Спиридонова, Е. С. Рункова, А. А. Заикина

Научный руководитель: С.В. Силушкин, к.т.н., доцент

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
634050, г. Томск, пр. Ленина 30.
e-mail: Lenok_19@sibmail.com

Введение

Цвет, как средство познания окружающего нас мира, играет важную роль в нашей жизни. Поэтому большинство отраслей производства (медицина, лакокрасочная и текстильная промышленности, химические лаборатории и др.) требует точные способы задания цвета. В связи с этим, процедура измерения цвета является актуальной.

Любое измерение сопровождается степенью неопределённости, которая характеризуется погрешностью (ПГ) проведённого измерения. Поэтому, применяя то или иное средство измерений (СИ), метрологические характеристики (МХ) которого определены с необоснованной ПГ, в значительной степени обесценивают информацию, получаемую в результате проводимых измерений.

Под нормированием МХ, согласно [1], понимается следующее: установление границ на допустимые отклонения реальных МХ СИ от их номинальных значений. Необходимость нормирования МХ обусловлено требованием обеспечения единства измерений.

Согласно [1] на ПГ проводимых измерений влияют следующие факторы:

- свойства применяемых СИ;
- способы использования СИ (методик выполнения измерений);
- условия, в которых проводятся измерения;
- скорость (частота) изменения измеряемых величин;
- алгоритмы вычислений;
- ПГ оператора, и др.

Рассмотрим ПГ, обусловленную особенностями и свойствами применяемого СИ – цифрового цветометрического анализатора (ЦЦА). Для определения ПГ ЦЦА необходимо описать принцип его работы и внутреннюю структуру.

Описание решения

Анализатор разработан на основе микроконтроллера ATmega 128 (имеет в своем составе АЦП и ОЗУ) и измерительного блока с полупроводниковым RGB-датчиком типа MCS3AS (производство компании MAZeT GmbH, Германия) [2, 3].

Разработка программного обеспечения (ПО) проводится в среде графического программирования LabVIEW 2009 и приложения MathScript. Программирование микроконтроллера Atmega128 выполнено в программной среде AVRStudio, распространяемой бесплатно [4].

Измеренные цветовые координаты для дальнейшей обработки представляются в 24-разрядном RGB-коде.

Рассматриваемый ЦЦА входит в состав мобильного цветометрического комплекса (рис. 1), предназначенного для измерения состава веществ на основе полимерных оптодов [5], а внешний вид анализатора представлен на (рис. 2).



Рис. 1. Мобильный цветометрический комплекс для определения состава веществ



Рис. 2. Внешний вид цифрового цветометрического анализатора

В состав анализатора входят:

- первичный измерительный преобразователь с приемным устройством для оптического прозрачного сенсора, источником светового излучения и цветочувствительным RGB-датчиком;
- устройство согласования выходного сигнала фотоприемника и входного сигнала электронной части анализатора;
- аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- устройство индикации результата измерения;
- микроконтроллер для управления приборной частью и первичной обработки данных;
- персональный компьютер для дальнейшей обработки и графической визуализации данных измерений, хранения результатов исследований;

– прикладное ПО, которое реализует управление системой на верхнем уровне, а также интерфейс с пользователем и обработку измеренных данных.

Работа анализатора проводится в следующем порядке:

- а) инициализация интерфейса программы управления;
- б) позиционирование исследуемого оптода;
- в) измерение цветковых координат оптода;
- г) обработка полученной информации соответствующим ПО.

Подробный алгоритм работы мобильного цветометрического комплекса описан в работе [6].

Экспериментальные исследования

Определим потенциальные источники ПГ рассматриваемого СИ. Для этого рассмотрим вклад каждого составляющего элемента СИ в результирующую ПГ.

При анализе структурной схемы были выявлены две инструментальные ПГ разработанного анализатора:

1) ПГ RGB-датчика MCS3AS [3], которая составляет не более 1 % ($\delta_{AE} \leq 1$);

2) ПГ преобразования 10-ти разрядным АЦП, входящим в состав *Atmega 128*, состоит из нескольких характеристик:

а) ПГ квантования АЦП, которую определяем, используя рекомендации [5], по следующей формуле:

$$\delta_q = \pm \frac{q}{\sqrt{12}} \cdot 100 \% = \pm 0,03 \%,$$

где q – шаг квантования, который определяется через единицу младшего разряда (ЕМР) АЦП

$$q = 1/2^m,$$

где m – количество разрядов АЦП;

б) интегральная нелинейность АЦП, по данным производителя [4, 7], составляет $\pm 0,5$ ЕМР, следовательно, можно записать:

$$\delta_{qL} = \pm (0,5 \cdot q) \cdot 100 \% = \pm 0,05 \%;$$

в) абсолютная ПГ АЦП на всем диапазоне измерения составляет ± 2 ЕМР (данные производителя [8]), тогда:

$$\delta_{\Delta\text{АЦП}} = \pm (2 \cdot q) \cdot 100 \% = \pm 0,2 \%.$$

Учитывая приведенные характеристики АЦП, можно определить ПГ преобразования напряжения δ_U , которое подается на него с измерительного блока:

$$\delta_U = \pm \sqrt{\delta_q^2 + \delta_{qL}^2 + \delta_{\Delta\text{АЦП}}^2} = \pm 0,2 \%.$$

Тогда, с учетом полученных результатов, определим инструментальную ПГ измерительного канала ЦЦА:

$$\delta_{\text{ИК}} = \pm \sqrt{\delta_{AE}^2 + \delta_U^2} = \pm 1 \%.$$

Заключение

Использование питания от USB-порта компьютера позволяет снизить стоимость анализатора и использовать его как переносное оборудование.

Разработанный ЦЦА имеет светонепроницаемый корпус и жесткое позиционирование оптода, позволяющие исключить засветку оптодов внешним излучением и исключить ПГ определения цветковых координат оптода из-за его расположения относительно RGB-датчика.

Результаты исследований показывают, что инструментальная погрешность ЦЦА не оказывает существенного влияния на точность определения концентрации веществ, так как не превышает ± 1 %, что не вносит существенную погрешность в конечный результат определения искомым компонентов при проведении химического анализа, в котором погрешность определения компонентов может достигать 20 %.

Список литературы

1. ГОСТ 8.009–84 Государственная система обеспечения единства измерений. Нормируемые метрологические характеристики. Средств измерений. – М.: Изд.-во стандартов, 1986. – 27 с.
2. MTCS-ME1 modEVA-Kit with JENCOLOR Sensors. Technical Documentation. V 1.67 Jena, Germany, MAZeT GmbH, 2008. – 25 p.
3. MCS3AS. 3-element color sensor – SMD/SO8. Data-sheet. V1.22 Jena, Germany, MAZeT GmbH, 2009. – 7 p.
4. 8-bit AVR Microcontroller with 128K Bytes In-System Programmable Flash. ATmega128. Technical Documentation. Rev.2467K-04/04, Atmel Corporation, 2004. – 374 p.
5. Патент на изобретение № 2272284 (Российская Федерация). Индикаторный чувствительный материал для определения микроколичеств веществ // Н.А. Гавриленко, Г.М. Мокроусов. – Оpubл. 18.08.2004., Бюл. № 8. – 9 с.
6. Муравьев С.В., Гавриленко Н.А., Силушкин С.В., Овчинников П.Г. Мобильный цветометрический комплекс для измерения состава веществ на основе полимерных оптодов // Известия ТПУ. – 2010. – Т. 318. – № 4. – С. 68–73.
7. Евстифеев, А.В. Микроконтроллеры AVR семейства Mega. Руководство пользователя [Текст] / А.В. Евстифеев. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 592 с.
8. Рынок микроэлектроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gaw.ru/html.cgi/txt/doc/micros/avr/arh128/index.htm>, свободный – Загл. с экрана.