

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА НА БАЗЕ ИНФРАКРАСНОГО ДАТЧИКА ТЕМПЕРАТУРЫ СЕРИИ MLX90614

Кузнецов Д.Н., доц., к.т.н.; Стеценко А., студент

(ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, Украина)

**Актуальность.** Тепловизоры применяют для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности. Современные тепловизоры нашли широкое применение как на крупных промышленных предприятиях, где необходим тщательный контроль за тепловым состоянием объектов, так и в небольших организациях, занимающихся поиском неисправностей сетей различного назначения. Так, сканирование тепловизором может безошибочно показать место отхода контактов в системах электропроводки.

Особенно широкое применение тепловизоры получили в строительстве при оценке теплоизоляционных свойств конструкций. Так, к примеру, с помощью тепловизора можно определить области наибольших теплопотерь в строящемся доме и сделать вывод о качестве применяемых строительных материалов и утеплителей.

Современные тепловизоры позволяют определять температуры динамических (движущихся объектов) в режиме реального времени. Однако стоят они весьма дорого (тысячи евро). В качестве дешевой альтернативы в данной работе рассматривается тепловизор сканирующего типа, выполненный на базе бесконтактного инфракрасного (ИК) датчика температуры серии MLX90614 фирмы Melexis [1]. Данный тепловизор подойдет для съемки статических объектов.

**Целью работы** является исследование тепловизора сканирующего типа на базе ИК датчика температуры серии MLX90614 и оценка его основных метрологических характеристик: уровня собственных шумов, погрешности измерений, пространственной разрешающей способности.

Принцип действия тепловизора заключается в определении поля температур исследуемой поверхности путем сканирования по сегментам. Температура сегмента измеряется с помощью бесконтактного ИК датчика температуры с узкой диаграммой направленности. Для перемещения фокуса термодатчика по сегментам используется поворотный кронштейн с двумя сервоприводами, обеспечивающий поворот датчика по горизонтали и вертикали с разрешением в 1 градус.

Основным элементом тепловизора, определяющим его возможности и характеристики, является ИК датчик температуры MLX90614-ACF (см. рис. 1).

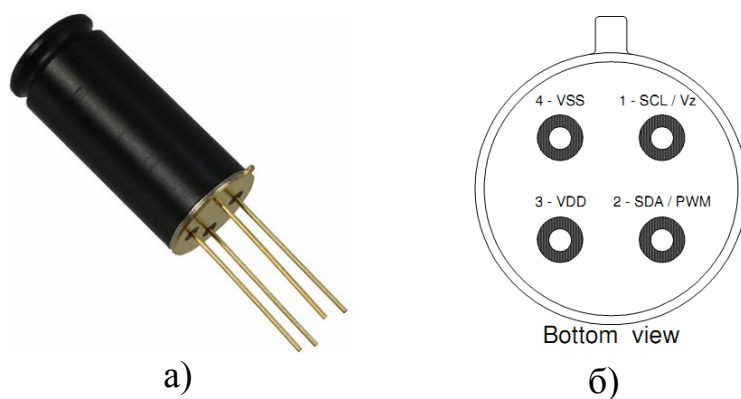


Рисунок 2 – Внешний вид (а) и расположение выводов (б) датчика MLX90614-ACF

MLX90614-ACF имеет нормированные метрологические характеристики и узкую диаграмму направленности в 10 градусов по уровню 50 % от максимальной чувствительности (см. рис. 2). Диапазон измеряемых температур датчика лежит в пределах от  $-70^{\circ}\text{C}$  до  $+380^{\circ}\text{C}$ . Основная погрешность в диапазоне измеряемых температур от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $50^{\circ}\text{C}$  не превышает  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  и достигает  $\pm 4^{\circ}\text{C}$  на краях рабочего диапазона измерений.

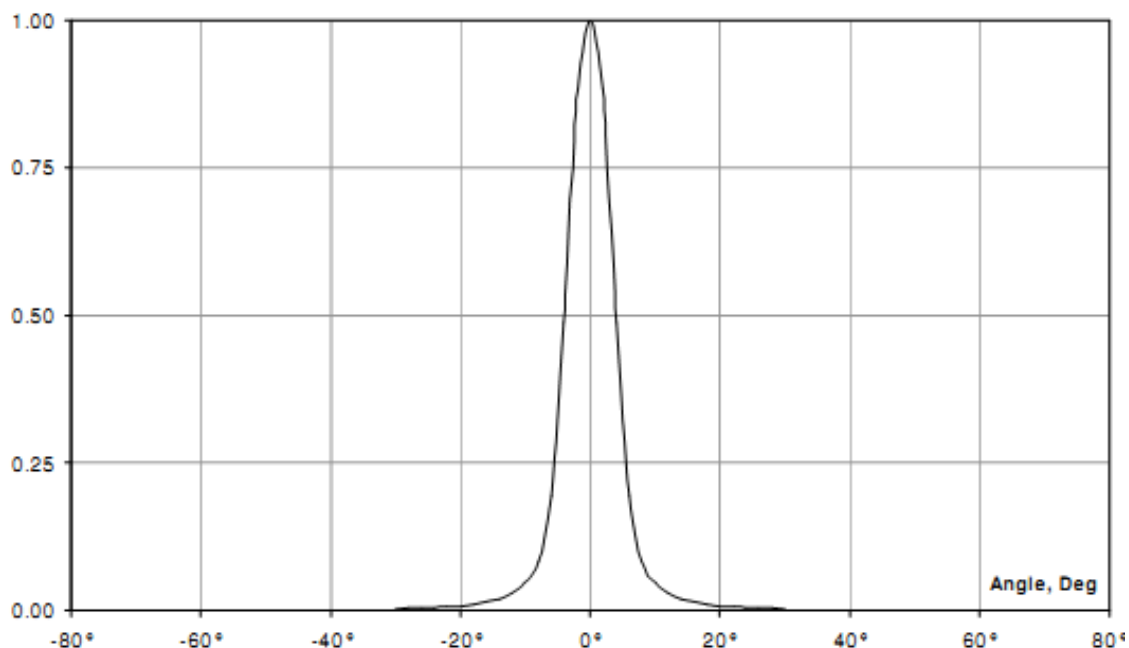


Рисунок 2 – Диаграмма направленности датчика MLX90614-ACF

На рисунке 3 представлена принципиальная схема исследуемого тепловизора. Датчик температуры и два сервопривода подключаются непосредственно к стандартному микропроцессорному модулю Arduino Uno. Управление сервоприводами осуществляется с помощью сигналов широтно-импульсной модуляции (ШИМ) S1 и S2. Обмен данными с датчиком MLX90614 происходит по шине двухпроводного интерфейса I<sup>2</sup>C.

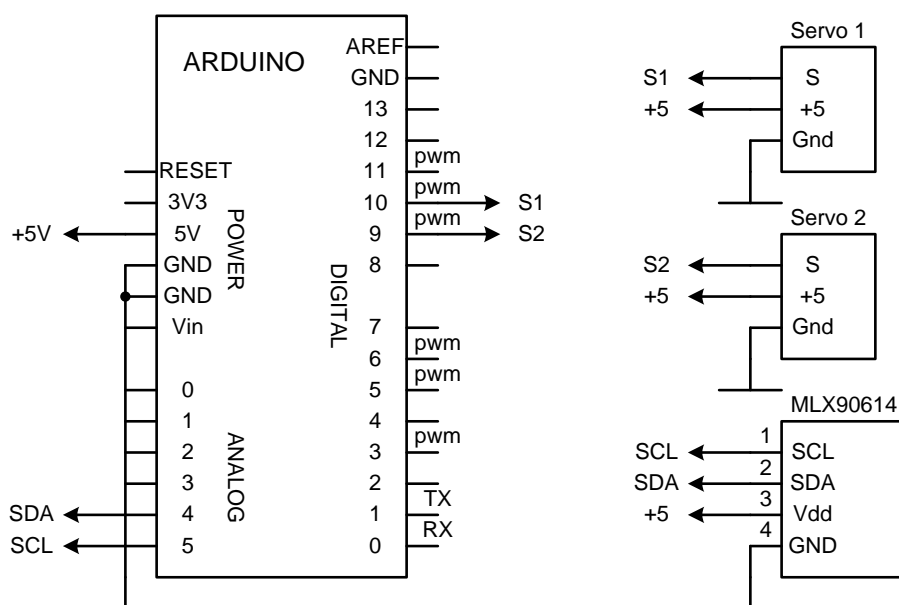


Рисунок 3 – Принципиальная схема тепловизора на базе датчика MLX90614

Тепловизор реализует следующий алгоритм работы:

1. По команде от микроконтроллера сервоприводы поворачивают кронштейн на заданный угол по вертикали и горизонтали.
2. Выдерживается некоторая пауза для установления показаний датчика температуры.

3. Микроконтроллер получает от датчика значение температуры данного сектора поверхности.

4. Микроконтроллер передает в компьютер температуру и угловые координаты сектора.

5. Программа на Delphi для компьютера получает измерительные данные от микроконтроллера и формирует цветную картинку теплового поля исследуемой поверхности.

Опытный образец разработанного тепловизора приведен на рисунке 4. Тепловизор выполнен в бескорпусном варианте и содержит только стандартные элементы.

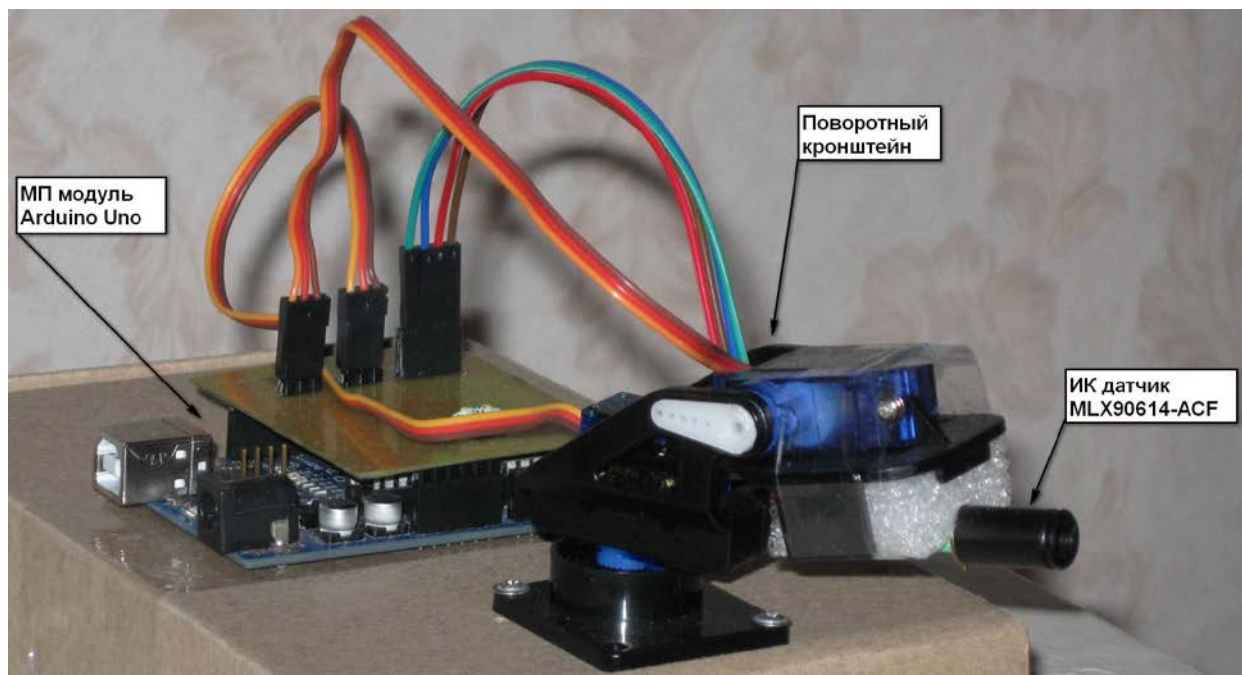


Рисунок 4 – Опытный образец тепловизора

Основным недостатком рассматриваемого тепловизора является большое время сканирования, которое равно произведению времени измерений в точке  $t_{изм}$  на общее число точек сканирования  $N$

$$t_{скан} = N \cdot t_{изм} = n_x \cdot n_y \cdot t_{изм}, \quad (1)$$

где  $n_x$ ,  $n_y$  – число точек по горизонтали и вертикали соответственно.

Из (1) следует, что для уменьшения времени сканирования необходимо уменьшать число точек сканирования  $N$  и время измерений в точке  $t_{изм}$ . Время измерений датчика MLX90614 зависит от настроек встроенных цифровых фильтров и может быть установлено в пределах от 0,06 до 7 секунд. В результате экспериментов выяснилось, что при уменьшении времени измерений растет уровень шумов термометра. В качестве примера на рисунка 6 и 7 приведены результаты измерений уровня шума датчика MLX90614-ACF при настройках по умолчанию и максимальном быстродействии соответственно. Из результатов следует, что выбор времени измерений является компромиссом между быстродействием и качеством измерений. Авторами было выбрано:  $t_{изм} = 0,14$  с;  $n_x=60$ ;  $n_y =40$ . Расчетное время сканирования:

$$t_{скан} = n_x \cdot n_y \cdot t_{изм} = 60 \cdot 40 \cdot 0,14 = 336 \text{ с} \approx 5,5 \text{ мин.} \quad (2)$$

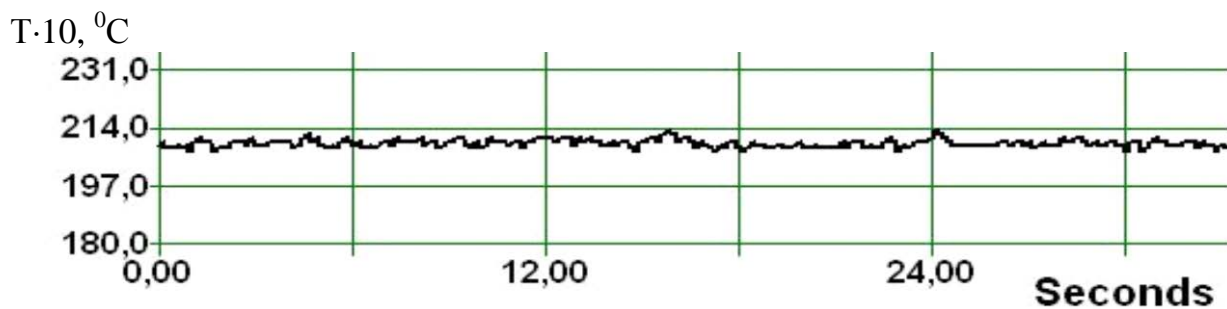


Рисунок 5 – Шум датчика при настройках по умолчанию с быстродействием 1,33 с

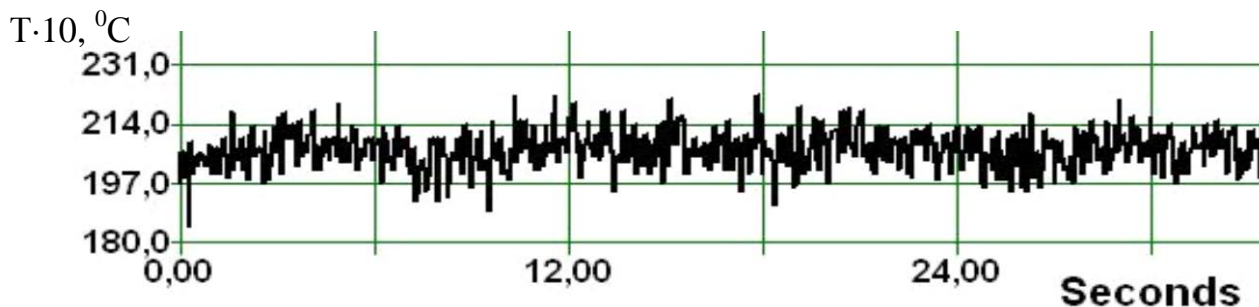


Рисунок 6 – Шум датчика при максимальном быстродействии 0,06 с

На рисунке 7 представлены объекты сканирования, фарфоровая кружка с теплой водой (50 °С) и охлажденная до 10 °С консервная банка. Результаты сканирования, полученные с помощью разработанного тепловизора на различных расстояниях до объектов, приведены на рисунках 8 и 9.



Рисунок 7 – Объекты сканирования

Из результатов следует, что пространственная разрешающая способность исследуемого тепловизора примерно равна 10 градусам, время сканирования около 5,5 минут а основная погрешность измерений температуры в диапазоне от 0 до 50 °С не превышает 0,5 °С.

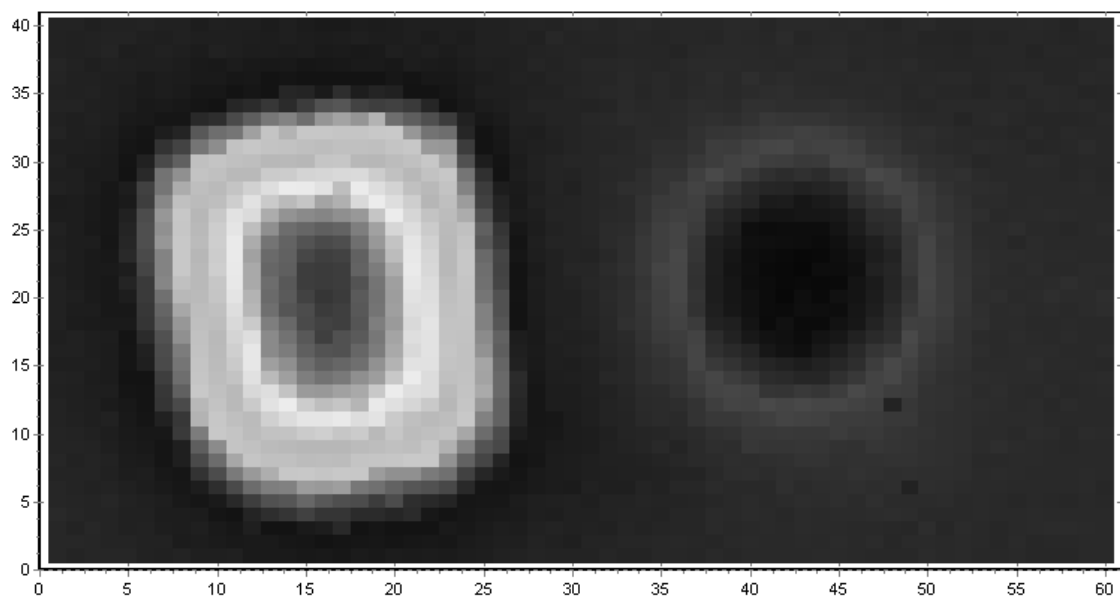


Рисунок 8 – Результаты сканирования с расстояния 0,5 метров

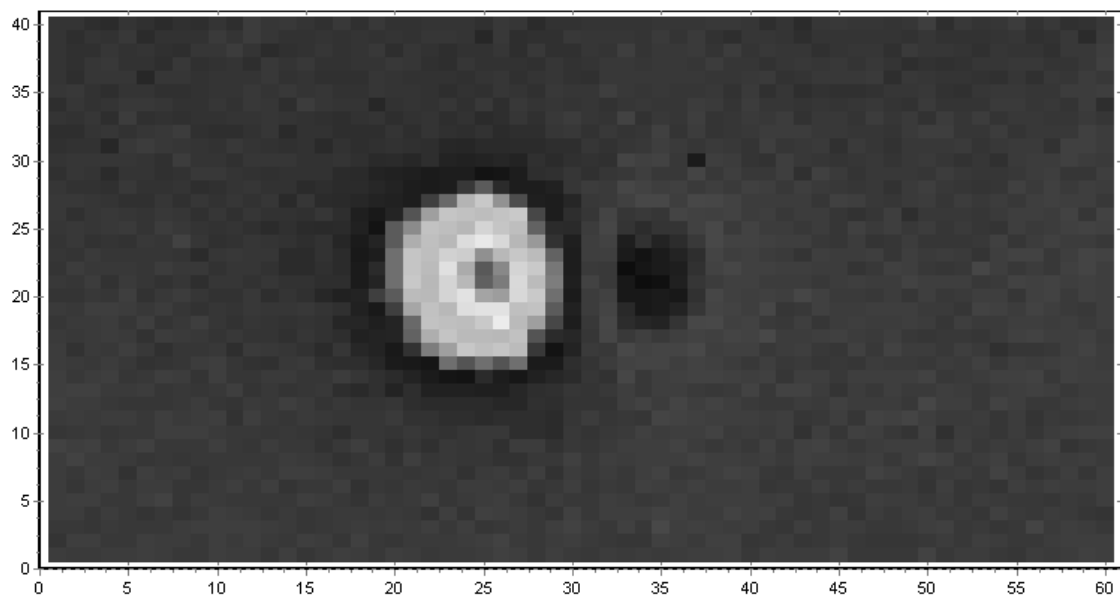


Рисунок 9 – Результаты сканирования с расстояния 3 метров

**Выводы:**

1. Разработанный тепловизор пригоден для сканирования статических объектов. При стоимости менее \$100 он обеспечивает пространственную разрешающую способность в 10 градусов и минимальную погрешность измерений температуры в  $0,5^{\circ}\text{C}$ .
2. Для улучшения разрешающей способности до 5 градусов рекомендуется применить датчик с индексом **I** в конце (MLX90614-ACI).

Перечень ссылок

1. Самодельный тепловизор на базе Arduino – Электронные данные. – Режим доступа: [http://habrahabr\\_full.complexdoc.ru/594526.html](http://habrahabr_full.complexdoc.ru/594526.html). – Дата доступа: апрель 2014. – Загл. с экрана.