

ИК-ПИРОМЕТР С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛА

Афанасьев А.В.

Нижегородский государственный университет,
т. 8312 64-30-12, aafanasj@telma.kis.ru

Современные системы сбора и обработки данных, как правило, функционируют с использованием персонального компьютера (ПК), поэтому при разработке перспективных измерительных приборов необходимо обеспечивать их совместимость с ПК. Таким образом, приборы, разрабатываемые в настоящее время, целесообразно синтезировать на базе современных микроконтроллеров и микропроцессоров или программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Разработанный ИК-пирометр построен на базе современного RISC-микроконтроллера и предназначен для дистанционного измерения температуры в широком диапазоне. Переход на цифровую базу полностью решает коммуникационные проблемы аналоговых приборов, а также, используя цифровые методы измерения и обработки информации, дает возможность контролировать измеряемые физические величины и параметры прибора и управлять функциональными модулями пирометра для оптимальной его работы.

ИК-пирометр построен по схеме модуляционного радиометра. Модуляционный радиометр использует модуляционный метод, сущность которого состоит в том, что входной сигнал радиометра модулируется путем периодического поочередного подключения ко входу радиометра антенны с температурой, пропорциональной температуре измеряемого объекта и эталонного источника шума с известной температурой. Переключение осуществляется с частотой модуляции с помощью генератора опорного напряжения, вырабатывающего гармоническое напряжение или напряжение в форме меандра.

В качестве антенны используется зеркальная оптическая система Кассегрена. Собранный оптической системой входной поток прерывается механическим модулятором и фокусируется на термоэлементе, в качестве которого используется пироэлектрический приемник. Управление механическим модулятором осуществляется с помощью системы адаптивного автоматического управления, которая используется для стабилизации частоты модуляции и адаптивного ее изменения с целью расширения динамического диапазона измеряемых температур ИК-пирометром. Входной сигнал преобразуется термодатчиком в напряжение и поступает на входной усилитель с изменяемым коэффициентом усиления. Обработка данных производится в цифровой форме, поэтому напряжение, используемое до требуемого значения поступает на вход 12 битного АЦП. Оцифрованные данные поступают по SPI интерфейсу в микроконтроллер, где производится их обработка в реальном масштабе времени. Микроконтроллер осуществляет следующие операции над полученными данными: входная фильтрация и интегрирование, синхронное детектирование, выходная фильтрация и масштабирование.

Полученные данные представляет собой поток кадров. Длительность кадра равна периоду частоты модуляции. В свою очередь, каждый кадр состоит из двух фреймов, один из которых соответствует положительному полупериоду опорного сигнала, а второй – отрицательному. Используя метод синхронного детектирования необходимо обеспечить синфазность опорного и измеряемого сигналов. Для этого осуществляется настройка фазы кадра относительно опорного колебания. Этим процессом управляет микроконтроллер. По причине присутствия инерционных цепей в аналоговом тракте пирометра промодулированное и усиленное напряжение на входе АЦП по форме представляет собой не меандр, а периодическое экспоненциально нарастающее и спадающее напряжение. Воспользовавшись этим, часть длительности каждого фрейма в его начале можно использовать для измерения дополнительных параметров, например, температуры оптической системы в нескольких точках тем же АЦП. В оставшуюся часть длительности фрейма микроконтроллер производит измерение сигнала, пропорционального в одном фрейме температуре объекта, в другом температуре внутреннего эталонного источника. Далее микроконтроллер осуществляет синхронное детектирование сигнала и его низкочастотную фильтрацию. Фильтр низкой частоты реализован программно и время накопления фильтра могут быть легко изменены оператором.

ИК-пирометр не использует термостабилизацию оптической системы и эталонного источника. Вместо этого производится периодическое измерение температуры оптики и эталонного источника и приведение их к абсолютному значению. С учетом этого вычисляется измеряемая температура объекта.

ИК-пирометр имеет набор органов управления и индикации, позволяющих управлять работой прибора и контролировать его параметры. Также прибор поддерживает последовательный интерфейс RS232C или RS485 ПК. Используя программное обеспечение для ПК, можно управлять режимами работы прибора, а также на его базе реализовать систему сбора и обработки данных, назначение которой - дистанционное измерение температуры каких-либо объектов.

DIGITAL IR – PYROMETER

Afanasjev A.

т. 8312 64-30-12, aafanasj@telma.kis.ru

The modern data acquisition systems must be compatible with PC, therefore, it is necessary that the perspective measuring devices to be developed must provide their compatibility with PC. Thus, it is expedient to synthesize devices developed now on the basis of advanced microcontrollers and microprocessors or programmable logic devices (PLDs).

The IR-pyrometer developed is based on the advanced RISC-microcontroller and intended for the remote wide range temperature measurement. The communication problems of analog devices are solved by transition from analog to digital platform. Also, using digital methods of measurement and processing of information enables to supervise as the physical quantity measured as device parameters and to control by functional modules of pyrometer for its optimum functionality.

The IR-pyrometer is built as the modulation radiometer. The modulation radiometer uses the modulation method, which essence is, that the input radiometer signal is modulated by periodic consecutive connection to the radiometer input of the antenna with temperature proportional object temperature measured and reference source of noise with known temperature. The switching is carried out with modulation frequency, generated by the reference oscillation source.

The mirror optical Cassegrain system is used as an antenna. The input radiation flow, assembled by optical system, is interrupted by the mechanical modulator and is focused on pyroelectric transducer, used as thermo sensor. The mechanical modulator is controlled by the adaptive automatic control system, which is used for modulation frequency stabilization and its adaptive changing with the purpose of expansion of a dynamic range of temperatures measured by IR-pyrometer. The input signal is transformed by thermo sensor to a voltage and this voltage acts as input signal of program gain amplifier. The data processing is implemented in the digital form, therefore voltage amplified up to required value is converted to digital samples by 12 bit ADC. The digital data are transferred over SPI to the microcontroller, where their processing in real time is made. The microcontroller carries out the following operations with the data received: Input filtration and integration, synchronous detecting, target filtration and scaling.

The data received are represented by a frame flow. The frame duration is equal to the modulation frequency period. In turn, each frame consists of two fields, one of which corresponds to a positive half-cycle of a basic signal, and second - negative. Using a method of synchronous detecting it is necessary to ensure inphasing the basic and measured signals. For this purpose the adjustment of a phase of the frame concerning basic fluctuation is carried out. This process is controlled by the microcontroller. The presence of inertial circuits at an pyrometer analog path the form of modulated and amplified voltage at the ADC input is differ from the square wave form and represents periodical exponentially increasing and falling down voltage. Using it, the part duration at the beginning of each field can be used for measurement of additional parameters by same ADC, for example, temperature of optical system in several points. The rest of field duration is used for measurement of a signal proportional in the first field to object temperature and in the second field to the internal reference source temperature. Then microcontroller carries out synchronous detecting of a signal and its low-pass filtration. The low-pass filter is software realized and its time constant can be easily changed by the operator.

The IR-Pyrometer does not use thermo stabilization of optical system and reference source. Instead of this the periodic measurement of temperature of optics and reference source and reduction them to absolute value is implemented. In view of it the object temperature measured is calculated.

IR-Pyrometer has a set of user interaction services, allowing to operate by device and to supervise device parameters. Also the serial interfaces RS232C and RS485 are supported by device and it can communicate with PC or Host controller. Using necessary PC software, it is possible to control the device operation modes. For the purpose of the remote infrared measurement of temperature of any objects the data acquisition system can be realized on the base of this IR-pyrometer.