

Роман Криночкин (г. Винница)

## ВЫХОД И АНАЛОГОВЫЙ, И ЦИФРОВОЙ: ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ КОМПАНИИ STMICROELECTRONICS



У компании **STMicroelectronics** есть все интегральные решения для промышленного измерения температуры – преобразователи, датчики температуры и цифровые термометры. Они находят применение в разнообразных производственных процессах, медицине и измерительных приборах. Предлагаемая статья поможет выбрать температурные датчики с аналоговым (**LM135/235/335**; **STLM20**) и цифровым (**STLM75** и **STTS75**) выходами.



Во многие микроконтроллеры компании **STMicroelectronics** (**ST**) встроен термочувствительный элемент, подключенный к одному из каналов АЦП, позволяющий проводить измерение окружающей температуры без дополнительных компонентов. Однако такой подход, несмотря на простоту и дешевизну, имеет существенные недостатки: измерения производятся только в месте

установки самого микроконтроллера, а температурная характеристика чувствительного элемента может существенно меняться от одного экземпляра устройства к другому (сдвиг может достигать десятков градусов). Поэтому производитель рекомендует использовать встроенный датчик в основном для определения изменения температуры, а не для измерения ее абсолютного значения, т.к. последнее сопряжено со значительными

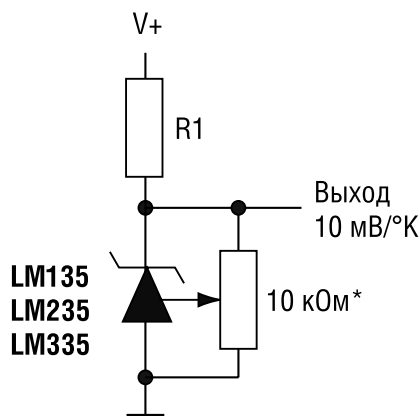
ошибками и не может быть выполнено с большой точностью.

Основные параметры некоторых серий температурных датчиков от **ST** приведены в таблице 1.

Одним из основных типов аналоговых температурных датчиков, выпускаемых компанией **STMicroelectronics**, является серия **LM135/235/335**. Это полупроводниковые датчики, особенностью которых является наличие калибровочного вывода, что дает возможность корректировать разброс параметров приборов (рис. 1) [1]. Все

Таблица 1. Сравнительная характеристика температурных датчиков **ST**

Модель	Корпус	Особенности	Разрешение	Рабочее напряжение, В	Потребляемый ток, мА	Измеряемая температура min, °C	Измеряемая температура max, °C	Погрешность, °C	Точность, %
<b>LM135</b>	TO-92	точный	—	—	до 15	-55	150	0,5...1,5	3
<b>LM234</b>	SO-8	источник тока	—	—	—	-25	100	—	6
<b>LM235</b>	SO-8; TO-92	точный	—	—	до 15	-40	125	0,5...1,5	3
<b>LM334</b>	SO-8	источник тока	—	—	—	0	70	—	6
<b>LM335</b>	SO-8; TO-92	точный	—	—	до 15	-40	100	1...2	3
<b>STCN75</b>	MSOP/ TSSOP 8; SO-8	цифровой	9	2,7...5,5	0,125	-55	125	2	—
<b>STDS75</b>	MSOP/ TSSOP 8; SO-8	цифровой	9...12	2,7...5,5	0,125	-55	125	2	—
<b>STLM20</b>	SOT-323 5L; UDFN 4	низкое потребление	—	2,4...5,5	0,008	-55	130	±1,5	—
<b>STLM75</b>	MSOP/ TSSOP 8; SO-8	цифровой	9	2,7...5,5	0,125	-55	125	±2...3	—
<b>STTS2002</b>	TDFN8 2x3x0,8	для м/с памяти	9...12	2,3...3,6	0,16	-40	125	3	—
<b>STTS3000</b>	TDFN8 2x3x0,8	для м/с памяти	9...12	2,3...3,6	0,16	-40	125	3	—
<b>STTS75</b>	MSOP/ TSSOP 8; SO-8	цифровой	9...12	2,7...5,5	0,075	-55	125	±2...3	—
<b>STTS751</b>	DFN6 2X2X0,5; SOT-23 6L	цифровой	10	2,25...3,6	0,05	-40	125	2	—



\*Калиброван для 2,982 В при 25°C

Рис. 1. Способ подключения LM135/235/335 с калибровкой температурной погрешности

приборы имеют идентичную линейную температурную характеристику в полном диапазоне измерений, поэтому калибровке подвергается только начальный постоянный температурный сдвиг. Следовательно, калибровка при одной температуре устраняет погрешность при всех остальных.

В дальнейшем сигнал температурного сенсора может быть оцифрован с помощью АЦП, встроенных во многие современные микроконтроллеры (МК). Такой подход удобен тем, что МК также берет на себя организацию дополнительной функциональности в зависимости от конкретной задачи, например, отображение температуры на дисплее, запись журнала с результатами периодических измерений, интерфейс с компьютером и т.п. Именно такое решение и предлагается компанией ST в Рекомендациях

Таблица 2. Параметры сенсоров серии LM135/235/335

Параметр	Значение
Потребляемый ток, мА	до 10
Чувствительность, мВ / °К	10
<b>Диапазон измерения, °С</b>	
(LM135)	-55...150
(LM235)	-40...125
(LM335)	-40...100
<b>Погрешность сенсора без калибровки, °С</b>	
LM135/235	2...5
LM335	5...9
<b>Погрешность сенсора с калибровкой, °С</b>	
LM135/235	0,5...1,5
LM335	1...2
<b>Нелинейность, °С</b>	
LM135/235	0,3...1
LM335	0,3...1,5
<b>Временная константа, с</b>	
Неподвижный воздух	80
Перемешиваемое масло	1

по применению AN2278 «Применение сенсоров температуры на примере ST LM135» [2]. Отметим, что теоретически максимально достижимое температурное разрешение по этой схеме составляет приблизительно 0,45°C (используется 10-битный АЦП). Также существует серия **LM134/234/334** — температурозависимые источники тока.

Другим базовым аналоговым сенсором является **STLM20** с ультранизким потреблением, среди ключевых особенностей которого можно выделить:

- Погрешность 0,5...1,5°C (при 25°C);
- Диапазон измерений -55...130°C;
- Ультранизкое потребление до 8 мкА.

Ключевым отличием данного датчика от LMx35 является нелинейность выходной характеристики, поэтому темпе-

ратурная погрешность возрастает ближе к краям диапазона измерения вплоть до ±2,5°C при 130°C. Также отсутствует возможность калибровать датчик. Однако и сфера применения данного прибора специфична — он пригодится главным образом в портативных устройствах благодаря ультранизкому потреблению, малым габаритам (всего 1x1,3 мм в корпусе UDFN-4L) и относительно неплохой изначальной точности 0,5...0,75°C в наиболее часто востребованном диапазоне 0...30°C. Кроме того для STLM20 необходимо использовать всего два вывода.

Изменение напряжения на выходе сенсора составляет 2,33...0,87 В в диапазоне -40...85°C. При прямом использовании 8-битного АЦП, обычно встраиваемого в недорогие МК, разрешение по температуре составляет около 1,667°C, что часто может быть недостаточным. В рекомендациях по применению AN2468 «Увеличение разрешения аналоговых температурных датчиков» [3] компания ST предлагает использовать схему, основанную на двух операционных усилителях (рис. 2). Первый из них расширяет динамический диапазон выходного сигнала в 10 раз (фактически просто усиливает в 10 раз), а второй добавляет постоянное смещение (+17,67 В) для того, чтобы выходной сигнал мог оставаться в пределах 0...5 В. Таким образом возможно получить температурное разрешение порядка 0,1 В (с учетом усреднения). Платой за это, однако, является сужение диапазона измерений.

Перейдем к **цифровым датчикам**. Двумя основными приборами этого типа являются **STLM75** и **STTS75**. Первый из них является «pin-to-pin» заменой для датчиков LM75. Это CMOS-сенсор со встроенным сигма-дельта АЦП

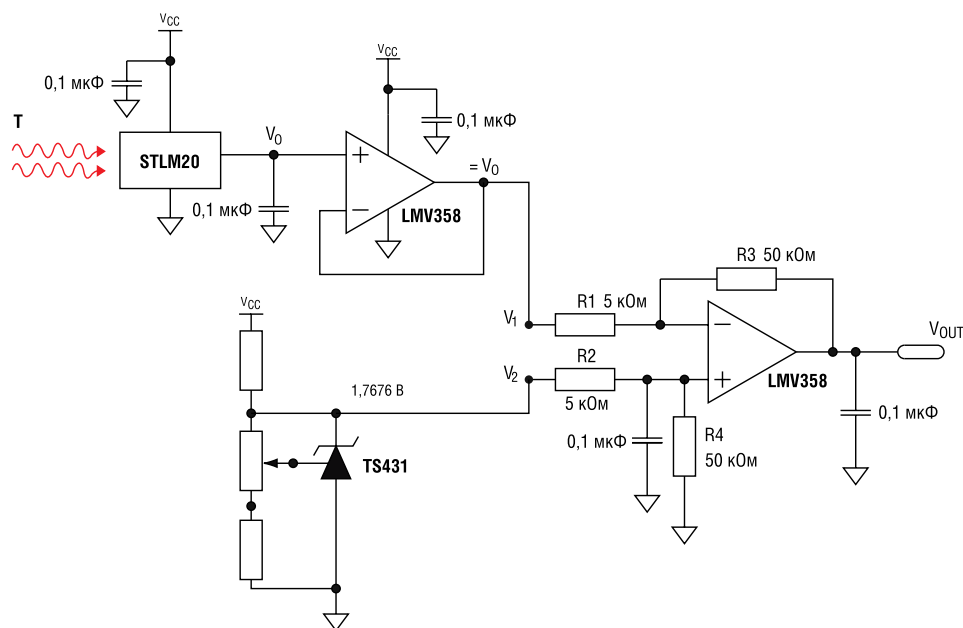


Рис. 2. Способ увеличения разрешения аналоговых датчиков

(9 бит) и контроллером интерфейса I<sup>2</sup>C для связи с микроконтроллером. Основные области применения, рекомендуемые производителем — персональные компьютеры, системы управления температурой, промышленные контроллеры. Максимальное разрешение 0,5°C. Типичная погрешность ±2...3°C во всем температурном диапазоне, время преобразования 150 мс. Напряжения питания сенсоров 2,7...5,5 В. Встроенный АЦП откалиброван таким способом, что результат на цифровом выходе прибора определяется в градусах Цельсия. Связь по протоколу I<sup>2</sup>C организована так, что по одной шине может быть подключено до восьми STLM75, при этом адрес устройства задается комбинацией потенциалов на трех адресных входах датчика.

Кроме того, интересной особенностью данного прибора является возможность работы в режиме термостата. В два внутренних регистра записываются температуры порогов срабатывания и отключения, при достижении которых один из выводов микросхемы (O.S. — *Overlimit signal*) переводится в активное или, соответственно, пассивное состояние (O.S. — вывод с открытым стоком). Кстати, для устранения случайных промахов достижение порогов определяется по результатам не одного, а заданного числа измерений (от 1 до 5).

STTS75 имеет похожие характеристики и функционирование. Основными отличиями являются более высокое разрешение по температуре (за счет 12-битного оцифровывания может достигать 0,0625°C); более низкое энергопотребление (при прочих равных — около 75 мкА); а также другое время преобразования (в зависимости от разрешения 85...680 мс). Типичная схема включения сенсоров приведена на рис. 3, функциональная схема на рис. 4 [4].

**Заключение**

Стоит упомянуть, что компания STM выпускает также и другие типы сенсоров, а именно: звуковые преобразователи (микрофоны), датчики движения, давления, приближения и прикосновения. В основную группу входят весьма популярные сегодня датчики движения, изготовленные по MEMS-технологии и включающие в себя акселерометры (серия LISxxx), цифровые компасы (LSM303DLH) и гироскопы (LGYxxx, LPRxxx, LYPxxx, LZG4200D) — все это в твердотельном исполнении и миниатюрных корпусах LGA. Есть варианты, определяющие наклон по одной или нескольким осям, а также — смещение вдоль осей.

В группу функциональных сенсоров входят микрофоны и датчики дав-

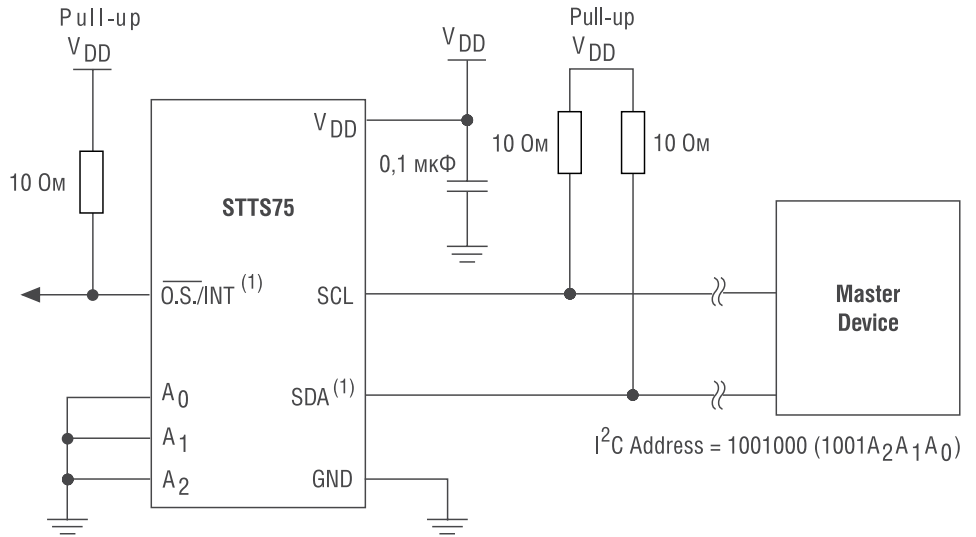


Рис. 3. Типичная схема включения STTS75/STDS75

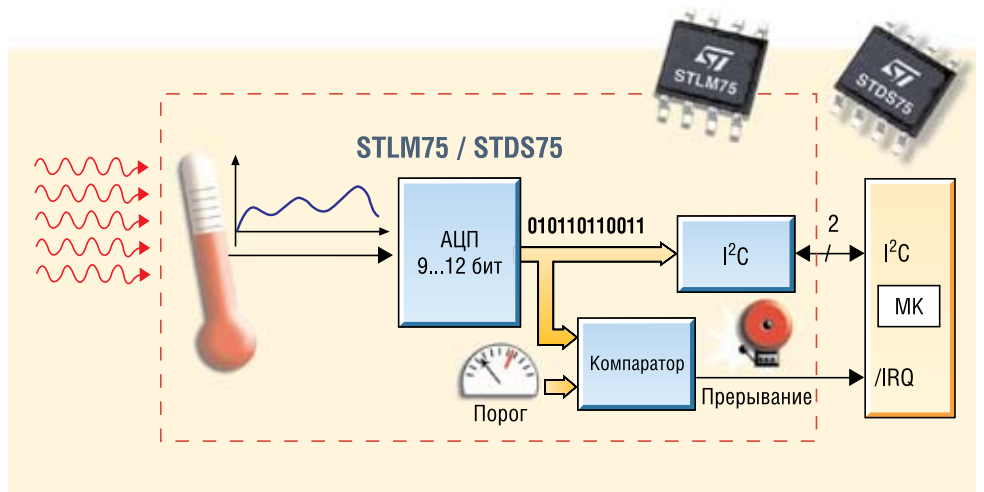


Рис. 4. Функциональная схема применения сенсоров STLM75/STDS75 [5]

ления, также изготовленные по MEMS-технологии. Сенсоры прикосновения, используемые преимущественно в сенсорных устройствах ввода, составляют третью группу. Причем существуют варианты как для сенсорных экранов (резистивные и емкостные виды), так и для сенсорных клавиш (емкостные). Датчики приближения, входящие в четвертую группу, позволяют определять наличие металлических тел поблизости и, таким образом, могут быть использованы в широком круге задач на производстве, в автоматизации и т.п.

**Литература**

1. LM135. Precision Temperature Sensor — <http://www.st.com/internet/analog/product/63662.jsp>.
2. AN2278. Temperature sensor application using STLM135 — [http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/APPLICATION\\_NOTE/CD00079564.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/APPLICATION_NOTE/CD00079564.pdf).

3. AN2648. Increasing the resolution of analog temperature sensors — [http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/APPLICATION\\_NOTE/CD00174666.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/APPLICATION_NOTE/CD00174666.pdf).

4. STTS75. Digital temperature sensor and thermal watchdog — [http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00153513.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00153513.pdf).

5. STTS75. Temperature Sensors — [http://www.st.com/internet/com/SALES\\_AND\\_MARKETING\\_RESOURCES/MARKETING\\_COMMUNICATION/FLYER/flsensfam0209.pdf](http://www.st.com/internet/com/SALES_AND_MARKETING_RESOURCES/MARKETING_COMMUNICATION/FLYER/flsensfam0209.pdf).

Получение технической информации, заказ образцов, поставка — e-mail: [sensors.vesti@compel.ru](mailto:sensors.vesti@compel.ru)