

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ТЕРМОРЕЗИСТОРОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПРОЦЕССОРА ОТ ПЕРЕГРЕВА

Введение. Современные процессоры при площади кристалла СВИС $\sim 80 \text{ мм}^2$ потребляют мощность составляющую десятки ватт [1]. Поэтому выход из строя куллера или работа процессора в пиковом режиме может вызвать значительный перегрев и, как следствие, выход из строя СВИС процессора [2]. Поэтому защита центрального процессора компьютера от перегрева является актуальной задачей современной вычислительной техники.

Как известно [1, 2], в штатном режиме работы температура процессора $\sim 30 - 40 \text{ }^\circ\text{C}$, а при температуре выше $180 \text{ }^\circ\text{C}$ происходят необратимые изменения СВИС процессора. Согласно требованиям производителей процессоров аппаратные и программные средства защиты от перегрева должны быть задействованы, когда температура достигает $\sim 80 - 90 \text{ }^\circ\text{C}$. Эта температура близка к температуре резкого изменения сопротивления критических терморезисторов на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики ($\sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$) [3]. Достоинством таких терморезисторов по сравнению с терморезисторами и термодиодами, используемыми в системах защиты процессора от перегрева, является сочетание свойств датчика температуры и термического реле с температурой переключения $\sim 70 \text{ }^\circ\text{C}$. Это позволяет упростить схемы защиты процессоров от перегрева, повысить эффективность и надежность такой защиты, сделать ее многоуровневую.

Постановка задачи. Цель настоящей работы рассмотреть возможности использования критических терморезисторов на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики в системах защиты процессора от перегрева.

Обоснование полученных результатов. Существующие в настоящее время разнообразные программные и аппаратные средства защиты процессора от перегрева обеспечивают такую защиту либо путем снижения мощности, выделяемой электрическим током в процессоре либо путем увеличения тепловой мощности рассеиваемой

процессором в окружающую среду. Это осуществляется различными способами: полным или периодическим отключением напряжения питания; переводом процессора в спящий режим работы (режим SLEEP); управлением скоростью вращения крыльчатки куллера; снижением тактовой частоты и напряжения питания процессора [4,5].

Критические терморезисторы на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики могут использоваться в системах защиты процессора от перегрева в качестве датчиков критической температуры, вырабатывающих сигналы для запуска стандартных программных и аппаратных средств защиты, установленных на компьютере. На их основе могут строиться также самостоятельные аппаратные средства защиты процессора от перегрева.

При работе процессора температура его ядра ограничена значениями 90 – 110 °С. При этих граничных температурах, температура процессора в области прижима к радиатору на 20 – 30 °С ниже, т.е. практически совпадает с температурой резкого изменения сопротивления стеклокерамики на основе диоксида ванадия (VO_2) [3]. Это позволяет без коррекции температуры, при которой должны быть задействованы средства защиты от перегрева, использовать терморезисторы на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики, как датчики аварийного перегрева процессора. В старых системах лучшим местом для установки датчика является обратная сторона процессора со стороны материнской платы, где датчик необходимо установить так, чтобы он плотно прилегал к процессору. В новых материнских платах можно использовать металлический лифт для установки и фиксации процессора, так как его конструкция позволяет поместить небольшой датчик в углубление посередине лифта, где будет обеспечен необходимый температурный режим и оперативное срабатывание датчика. Возможно также крепление критического терморезистора на радиаторе процессора.

Реализованную таким образом систему “критический терморезистор – процессор” можно использовать в аппаратных и программных средствах защиты процессора от перегрева. Рассмотрим некоторые варианты такого применения.

На рис. 1 приведена простая электрическая схема охлаждения процессора. В штатном режиме работы, когда температура процессора

не превышает 40 °С, критический терморезистор на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики имеет высокое сопротивление, которое ограничивает ток куллера, а, следовательно, скорость вращения его крыльчатки. При повышении температуры ядра процессора до ~ 80 – 90 °С критический терморезистор переключается в низкоомное состояние. Ток куллера и, следовательно, скорость вращения крыльчатки увеличиваются. Как следствие возрастает скорость воздушного потока, обдувающего процессор, что снижает его температуру.

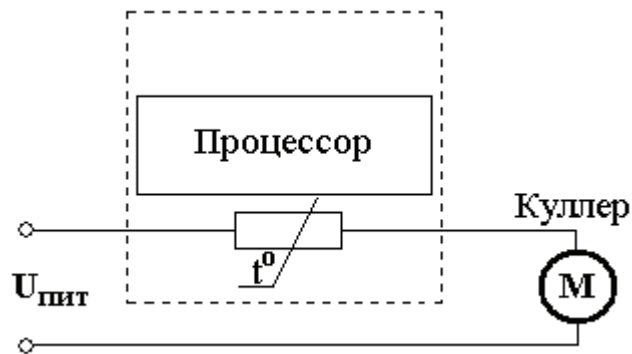


Рисунок 1 - Схема охлаждения процессора, использующая критический терморезистор на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики

Выбор необходимых параметров критического терморезистора осуществляется исходя из значений электрического тока куллера в штатном (I_0) и форсированном (I_c) режимах работы. Если обмотка куллера имеет сопротивление R_M и используется напряжение питания $U_{пит}$, для сопротивлений стеклокерамического терморезистора ниже R_{off} и выше R_{on} температуры фазового перехода в VO_2 $T_t \sim 70$ °С несложно получить следующие соотношения:

$$R_{off} = U_{пит}/I_0 - R_M, \quad (1)$$

$$R_{on} = U_{пит}/I_c - R_M. \quad (2)$$

Ток I_0 , протекающий в цепи (рис.1) в штатном режиме работы процессора вызывает дополнительный подогрев критического терморезистора. Поэтому температура терморезистора может отличаться от температуры корпуса процессора. Это влияет на граничное значение температуры на корпусе процессора T_{CPU} , при которой будет происходить переключение критического терморезистора. Температуру T_{CPU} можно найти, записав уравнение теплового баланса терморезистора с учетом, что его переключение происходит при температуре T_t :

$$T_{\text{CPU}} = T_t - I_0^2 R_{\text{off}} / k = T_t - U_{\text{пит}}^2 R_{\text{off}} / (k(R_{\text{off}} + R_M)^2), \quad (3)$$

где k – коэффициент теплового рассеивания терморезистора.

Из (3) вытекает, что форсированный режим охлаждения процессора включится при температуре его корпуса $T_{\text{CPU}} = T_t \sim 70$ °С, если выполняется условие $I_0^2 R_{\text{off}} / k < 1$. При условии $I_0^2 R_{\text{off}} / k > 1$ можно обеспечивать меньшую температуру включения форсированного режима охлаждения. Как следует из (3), этой температурой можно управлять подбором сопротивления критического терморезистора R_{off} и напряжения $U_{\text{пит}}$. Анализ показывает, что температуру включения форсированного режима охлаждения процессора T_{CPU} можно задать в интервале $T_t - U_{\text{пит}}^2 / (4R_M k) \leq T_{\text{CPU}} \leq T_t$, выбрав определенное значение отношения сопротивлений терморезистора и обмотки куллера R_{off} / R_M . Задав величину $T_{\text{CPU}} \sim 50 - 60$ °С можно обеспечить первый уровень защиты процессора от перегрева.

Следующие уровни защиты могут обеспечить другие, установленные на корпусе процессора критические терморезисторы. Они должны переключаться в состояние низкого сопротивления при температурах $\sim 68 - 75$ °С. По сигналам от этих датчиков можно запустить предусмотренные в компьютере программные и аппаратные средства защиты процессора от перегрева.

При разработке конкретных схем защиты процессора от перегрева с помощью критических терморезисторов на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики следует учитывать конструктивные возможности материнских плат компьютеров и логику работы устройств. Для большинства современных материнских плат используются технологии АРМ и АСРІ. Эти функции можно активировать в SETUP BIOS (раздел POWER MANAGEMENT) [6]. Они позволяют автоматически выключать компьютер или переводить его в спящий режим работы (режим SLEEP) по сигналу от программ или при нажатии соответствующей кнопки на корпусе системного блока. Сигналы, по которым будут выполняться указанные выше действия, могут быть сформированы электрическими цепями с критическими терморезисторами. Так, например, эти сигналы можно использовать для перевода процессора в режим SLEEP. В этом случае процессор переходит в режим малого потребления энергии, что устраняет его перегрев. Для использования

такого способа защиты процессора от перегрева потребуется продублировать соответствующие выводы разъема на системной плате процессора (обычно эти выводы обозначаются “SMI”, “PWR”) и подключить к ним цепь, показанную на рис. 2. Сопротивление критического терморезистора (R_{off}) в штатном режиме работы процессора ($T_{CPU} \sim 40^{\circ}C$) должно быть более 250 Ом, а величина скачка сопротивления $R_{off}/R_{on} \sim 100$.

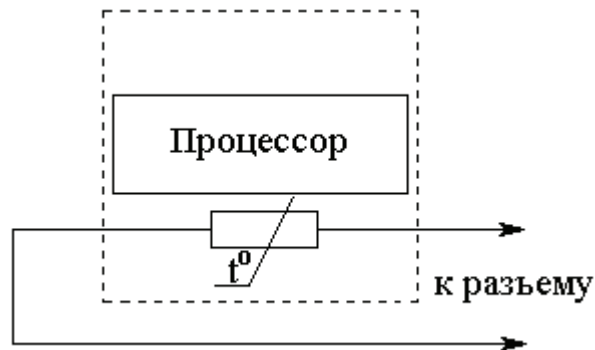


Рисунок 2 - Схема защиты процессора от перегрева для подключения к разъему материнской платы

Обычно в компьютере включением и выключением системы и режимами питания материнской платы совместно с BIOS (базовая система ввода-вывода) управляет микроконтроллер ввода-вывода. BIOS устанавливает уровни логических сигналов на соответствующих входах микроконтроллера ввода-вывода, после чего микросхема переводит питание материнской платы в соответствующий режим. Поэтому, управляя логическими сигналами на таких входах, можно переключать режимы питания материнской платы компьютера. Для этой цели можно использовать резистивный делитель напряжения с критическим терморезистором на основе диоксиднованадиевой стеклокерамики, который будут формировать соответствующий уровень логического сигнала при перегреве процессора, вызывая отключение питания процессора. Такой способ защиты не позволяет сберечь данные при аварийном отключении системы, например, при выходе из строя куллера, но не задержит отключение напряжения питания, что может сберечь процессор от сильного перегрева, ведущего к выходу его из строя. Резистивные делители напряжения с критическим терморезистором могут быть использованы также для формирования логических уровней, по которым могут быть задействованы другие аппаратные и программные средства защиты

процессора от перегрева, установленные на компьютере. Схемы, обеспечивающих формирование сигналов низкого U^0 и высокого U^1 уровней, приведены на рис. 3.

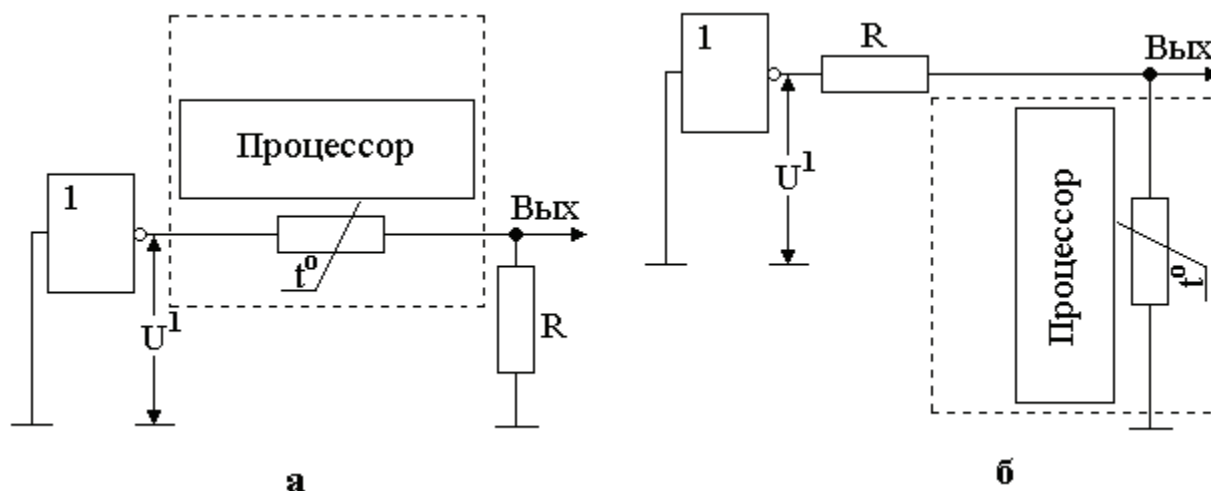


Рисунок 3 - Схемы формирования сигналов высокого U^1 (а) и низкого U^0 (б) уровней для систем защиты процессора от перегрева

Величина сопротивления R в этих схемах должна быть выбрана такой, чтобы при малом сопротивлении критического терморезистора R_{on} выход инвертора не перегружался, и напряжение логической единицы на нем U^1 было близко к максимально возможному значению (такое значение для КМОПТЛ совпадает с напряжением питания). При выбранной величине сопротивления R , параметры критического терморезистора в этих схемах определяются условиями: $R_{off} > 3R$, $R_{on} < 1/(3R)$. Выполнение этих условий обеспечивается, если скачек сопротивления критического терморезистора в области температуры фазового перехода полупроводник-металл в VO_2 составляет не менее одного порядка.

На рис. 4 показано использование резистивного делителя напряжения с критическим терморезистором для аппаратной защиты процессора от перегрева.

Обычно высокая внутренняя тактовая частота процессора формируется умножением опорной частоты f (временная диаграмма 1, рис. 4б) на некоторый коэффициент n . В штатном режиме работы процессора критический терморезистор, контактирующий с его корпусом, имеет высокое сопротивление R_{off} и с делителя на вход логического элемента “ИЛИ” поступает уровень логической единицы (временная диаграмма 3, рис. 4б). Этот сигнал блокирует передачу импульсов с частотой f на вход логического элемента “И”. На этот

вход с выхода элемента “ИЛИ” (временная диаграмма 4, рис. 4б) поступает логическая единица, которая разрешает передачу импульсов тактовой частоты nf (временная диаграмма 2, рис. 4б) в ядро процессора.

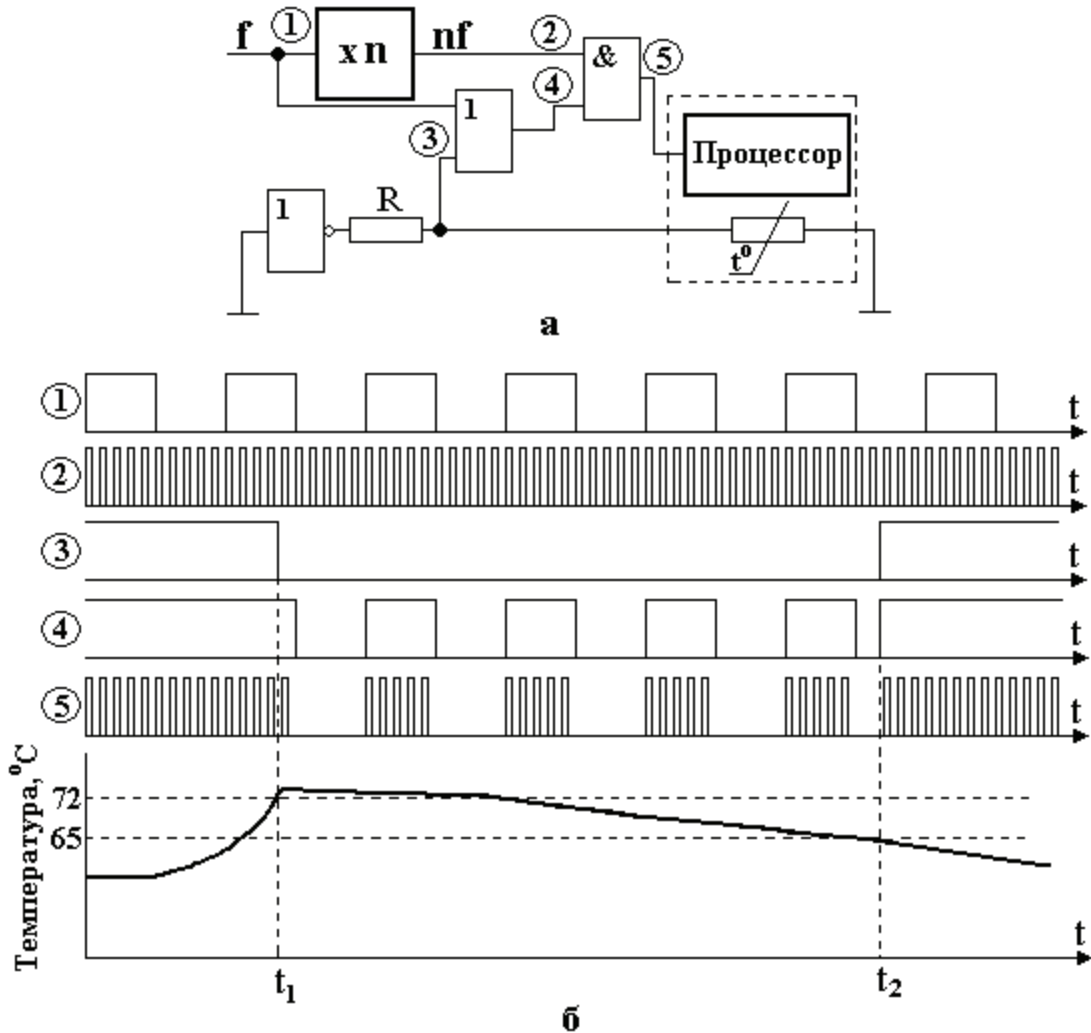


Рисунок 4 - Схема защиты процессора от перегрева (а) и временные диаграммы, иллюстрирующие ее работу (б)

При переходе процессора в форсированный режим работы, его температура, а, следовательно, и температура критического терморезистора увеличивается (см. рис 4б). Когда температура критического терморезистора достигает значения T_t (момент времени t_1) он переключится в состояние высокой проводимости. На входе элемента “ИЛИ” появляется уровень логического нуля, который разрешит подачу импульсов с частотой f на вход элемента “И”. Происходит модуляция тактовой частоты процессора nf импульсами опорной частоты f (временная диаграмма 5, рис. 4б). Как следствие в паузах между пакетами тактовых импульсов процессор остывает, что

устраняет его перегрев. Процессор продолжает выполнять участок программы, соответствующий форсированному режиму работы, но с меньшей производительностью. В результате температура процессора снижается. В момент времени t_2 , когда температура критического терморезистора достигнет температуры обратного фазового перехода в VO_2 , он вновь переключается в состояние высокого сопротивления. На выходе делителя появляется уровень логической единицы, который обеспечивает подачу в процессор не модулированной высокой частоты nf . В том случае, если в интервале времени $t_1 \leq t \leq t_2$ участок программы, вызывающий форсированный режим работы процессора, не завершен, будет обеспечивать периодическое переключение в режим модуляции тактовой частоты процессора, до тех пор, пока он не перейдет в штатный режим работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. М. Гук. Аппаратные средства IBM PC, Санк-Петербург: “Питер”, 2006.–1072 с.
2. Как горят современные процессоры. Intel против AMD / <http://www.digital-daily.com/reviews/mainsystem/overheat/>
3. Ivon A.I., Kolbunov V.R., Chernenko I.M. Conductivity of VO₂-based ceramics. // J. Mat. Sci: Materials in Electronics.-2006.- V. 17, №1. - P. 57 – 62.
4. Е. Рудометов, В. Рудометов. Программное охлаждение процессоров / <http://rudteam.narod.ru/cpu/cooler-soft/cooler-soft.html>
5. Обзор процессоров Intel Pentium 4 6XX и Intel Pentium 4 // <http://www.m-cory.ru/tech/info.php>
6. Е. Михлин. BIOS Setup. Настройка, оптимизация и разгон компьютера, Санк-Петербург: “Питер”, 2006 - 240 с.

Получено 24.10.2006 г.