

1. На чем основана способность таймера измерять временные промежутки?

Таймер - устройство, отмеряющее заданный интервал времени, по окончании которого оно генерирует импульсный сигнал (событие). Обычно таймер работает в периодическом режиме, т.е. не останавливается после выдачи сигнала, а начинает сразу же отмерять следующий интервал такой же длительности. В результате таймер формирует последовательность событий с регулярной частотой. Сигнальный режим подразумевает, что таймер отмеряет заданный интервал времени, а по его окончании выдает сигнал и останавливается

2. От чего зависит временное разрешение таймера?

Таймер строится на основе счётчика, который подсчитывает импульсы входного тактирующего сигнала. Событие срабатывания таймера генерируется при переполнении счётчика. Это позволяет при фиксированной частоте тактового сигнала устанавливать требуемую частоту генерации сигналов от таймера. Программный доступ к счётчику таймера позволяет по текущему значению с высоким разрешением определять время, прошедшее с момента последнего переполнения. Таким образом, таймер даёт возможность микроконтроллеру и программе

вести отсчёт времени, что определяет два основных направления применения:

1. Выполнение действий в заданные моменты времени.
2. Фиксация моментов времени возникновения событий.

3. Какие существуют типы таймеров по принципу действия? Назовите их отличительные черты?

STM32 включает следующие универсальные типы таймеров: базовые, общего назначения и таймеры с расширенным управлением.

Базовые таймеры являются самыми простыми, в соответствии со своим названием имеют лишь набор базовых функций.

Таймеры с расширенным управлением - самые сложные и имеют наибольшее количество реализованных функций.

4. Из каких элементов построен таймер? Назовите функции каждого элемента.

Таймер строится на основе счётчика, который подсчитывает импульсы входного тактирующего сигнала. Событие срабатывания таймера генерируется при переполнении счётчика. Это позволяет при фиксированной частоте тактового сигнала устанавливать требуемую частоту генерации сигналов от таймера. Программный доступ к счётчику таймера позволяет по текущему значению с высоким разрешением определять время, прошедшее с момента последнего переполнения

5. Какие основные направления выделяют при использовании таймеров?

Два основных направления применения:

1. Выполнение действий в заданные моменты времени.
2. Фиксация моментов времени возникновения событий.

6. Как называется сигнал, генерируемый таймером, и когда он формируется?

Сигнал тактирования CK_PSC поступает через системную шину APB на предделитель, который первоначально имеет коэффициент равный 1. Коэффициент деления определяется значением регистра TIMx_PSC + 1. Поэтому коэффициенту 1 соответствует значение TIMx_PSC равное 0. С выхода предделителя тактирующий сигнал поступает на вход счетчика, где он обозначается CK_CNT. На диаграмме видно, что тактовый сигнал поступает на счетчик, когда разрешающий бит CEN управляющего регистра TIMx_CR1 содержит 1. В противном случае, счетчик не работает и таймер бездействует.

7. Какова форма сигнала таймера?

8. Когда при возникновении сигнала таймера в микроконтроллере генерируется прерывание?

Сигнал прерывания от TIM6 подается на 17 линию

NVIC (см. лабораторную работу №3, рис. 2). Для активации обработки сигнала на этой линии в NVIC задействуем команду:

```
NVIC->ISER[0] |= 0x20000; /*Разрешение в NVIC прерывания от модуля TIM6 (17 линия)*/
```

Далее можно разрешить работы всех прерываний и включить таймер TIM6: `__enable_irq();` //Глобальное разрешение прерываний

```
TIM6->CR1 |= 0x1; //Разрешение работы таймера
```

Завершаться код функции `main()` должен бесконечным пустым циклом:

```
while (1); //Пустой цикл основной программы
```

В противном случае завершение работы `main()` приведет к остановке всех программных модулей, связанных с ней. В том числе, обработчиков прерываний.

9. Какова классификация таймеров в микроконтроллерах STM32 по функциональным возможностям?

В микроконтроллерах STM32, всегда имеется, по крайней мере, один таймер- **системный таймер**, наличие которого гарантируется требованиями архитектуры. Стандартизация системного таймера на уровне архитектуры существенно упрощает его использование. Как минимум, это обеспечивает переносимость кода, использующего этот таймер между разными микроконтроллерами. Кроме системного таймера, микроконтроллеры STM32 имеют **сторожевой таймер**. Этот вид таймеров имеют достаточно узкую специализацию - он используется для автоматической перезагрузки в случае зависания программы. Также микроконтроллеры STM32 имеют множество универсальных таймеров, которые можно использовать на своё усмотрение. В отличие от системного, они не являются частью ядра, а относятся к периферийным устройствам микроконтроллера.

10. Чем отличается универсальный таймер от системного?

Также микроконтроллеры STM32 имеют множество универсальных таймеров, которые можно использовать на своё усмотрение. В отличие от системного, они не являются частью ядра, а относятся к периферийным устройствам микроконтроллера.

11.К какому классу относятся таймеры общего назначения?

Базовые таймеры являются самыми простыми, в соответствии со своим названием имеют лишь набор базовых функций. Таймеры с расширенным управлением - самые сложные и имеют наибольшее количество реализованных функций. То есть он находится между базовым и расширенным таймером управления.

12.Какой вид таймеров имеет минимальные функциональные возможности?

В микроконтроллерах STM32, всегда имеется, по крайней мере, один таймер - системный таймер, наличие которого гарантируется требованиями архитектуры. Стандартизация системного таймера на уровне архитектуры существенно упрощает его использование. Как минимум, это обеспечивает переносимость кода, использующего этот таймер между разными микроконтроллерами.

13.Определяет ли номер таймера в микроконтроллере его тип?

Для таймеров в микроконтроллерах семейства STM32 используется следующая система именования: название начинается с префикса TIM, за которым следует номер таймера: TIM1, TIM2, и т.д. **Важно, что номер таймера определяет его тип.** И в разных микроконтроллерах таймеры с одинаковыми номерами обычно совместимы (одинаково устроены, имеют одинаковый набор функций и управляются одинаковым образом с помощью одинаковых наборов регистров).

14.Какие функциональные блоки содержит базовый таймер микроконтроллера? Поясните назначение каждого функционального блока.

Базовый таймер TIMx состоит из:

1. 16-битного счетчика – Counter Register (TIMx_CNT).
2. Регистра автоперезагрузки – Auto-Reload Register (TIMx_ARR).

3. Программируемого предварительного делителя тактового сигнала, включающего регистр предделителя – Prescaler Register (TIMx_PSC). В общем случае, его можно использовать как базовый таймер для генерации временной базы. Специальным образом он применяется для управления цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП) посредством триггерных выходов.

15. Какой максимальный коэффициент деления тактовой частоты можно задать в таймерах STM32? Поясните.

65536. В микроконтроллерах STM32 счётчики универсальных таймеров являются 16-разрядными (за немногочисленными исключениями) и работают совместно с регистром автоперезагрузки. От последнего счетчик получает и сохраняет в собственном скрытом регистре значение, при достижении которого произойдет событие переполнения и сброс счетчика. В базовых таймерах счет выполняется только вверх. Переполнение формирует специальный сигнал - событие обновления (UEV – update event), по которому выполняется ряд важных действий, а также возможна генерация прерывания. Тактовый сигнал на счётчик поступает через предделитель с управляемым коэффициентом деления, который можно изменять в пределах от 1 до 65536 (для 16-разрядного счётчика).

16. Чем определяется частота тактирования счетчика таймера? В каких пределах ее можно изменять?

Инициализация базового таймера в функции InitTIM6() начинается с включения тактирования модуля TIM6 и установки коэффициента предделителя, позволяющего подать на вход счетчика таймера сигнал с частотой 1 кГц. Чтобы определить значение, размещаемое в регистре TIM6_PSC, нужно частоту сигнала на шине APB (8 МГц) разделить на частоту сигнала на входе счетчика (1 кГц) и вычесть единицу. В итоге получим, что в регистр TIM6_PSC нужно записать значение 7999, а коэффициент предделителя составит 8000.

17. Каково назначение регистра предделителя и буферизируется ли его значение?

Тактовый сигнал на счётчик поступает через предделитель с управляемым коэффициентом деления, который можно изменять в пределах от 1 до 65536 (для 16-разрядного счётчика).

18.Каким образом можно таймер TIM6 перевести в сигнальный режим работы?

Сигнальный режим подразумевает, что таймер отмеряет заданный интервал времени, а по его окончании выдает сигнал и останавливается.

Таймер может иметь аппаратную поддержку сигнального режима, либо реализовать его программно (достаточно отключить таймер в обработчике прерывания или выполнить требуемые действия внутри обработчика только при первом вызове).

19.Что происходит внутри таймера при возникновении события обновления?

Переполнение формирует специальный сигнал - событие обновления (UEV – update event), по которому выполняется ряд важных действий, а также возможна генерация прерывания.

При возникновении события обновления (UEV) значение из TIMx_ARR копируется в скрытый (буферный) регистр счетчика. В процессе счета значение TIMx_CNT сравнивается со значением в скрытом регистре, а в момент возникновения равенства генерируется UEV, которое приводит сбросу TIMx_CNT (сигнал Counter register на диаграмме). На диаграмме видно, что новый коэффициент предделителя вступает в силу только в момент возникновения UEV. Сигнал Prescaler counter указывает, что предделитель для выполнения своей функции использует собственный счетчик, а сигнал Prescaler buffer говорит о наличии скрытого (буферного) регистра предделителя, в который помещается значение из TIMx_PSC при возникновении UEV. Кроме всего, следует отметить, что для синхронизации работы элементов таймера используется фронт тактирующего сигнала.

20.Каково назначение в таймере регистра EGR?

Регистр EGR (программный доступ: TIMx->EGR) используется для программной генерации UEV.

Бит 0 UG - генерация UEV. Этот бит может быть установлен программно. Сбрасывается он аппаратно автоматически.

0: никаких действий;

1: повторно инициализирует счетчик таймера и генерирует обновление регистров.

21. Как называется регистр, который определяет коэффициент предделителя в таймере? Укажите его значения для установки коэффициента деления 540.

Регистр PSC (программный доступ: TIMx->PSC) задает коэффициент предделителя в таймере.

Биты 15: 0 PSC [15: 0] - значение предделителя. Тактовая частота счетчика $CK_CNT = f(CK_PSC) / (PSC [15: 0] + 1)$. PSC содержит значение, которое загружается в буферный регистр предварительного делителя при каждом UEV.

22. Какой регистр таймера хранит значение счетчика, при котором генерируется событие обновления?

Регистр ARR (программный доступ: TIMx->ARR) используется для значения счетчика таймера, при котором генерируется событие обновления UEV. ARR содержит значение, которое загружается в буферный регистр счетчика при возникновении события обновления UEV. Счетчик таймера заблокирован, пока значение автоперезагрузки равно нулю.

23. Как с помощью регистров таймера можно определить временной отрезок до следующего события обновления?

Регистр DIER (программный доступ: TIMx->DIER) используется для разрешения прерываний и запросов DMA (запросов прямого доступа к памяти)

Структура регистра DIER

Бит 8 UDE - разрешение запроса DMA (при UEV):

0: запрос DMA отключен;

1: запрос DMA включен.

Бит 0 UIF - разрешение прерывания (при UEV):

0: прерывание отключено;

1: прерывание разрешено.

В программе разрешал аппаратную установку сигнала прерывания при событии обновления таймера (UEV- событие обновления).

24. Каково назначение статусного регистра таймера?

Регистр SR (программный доступ: TIMx->SR) – статусный регистр.

Бит 0 UIF - флаг прерывания. Этот бит устанавливается аппаратно при событии обновления. Очищается программно.

0: UEV не произошло;

1: ожидание обработки прерывания. Этот бит устанавливается аппаратно при обновлении регистров таймера.

25. К чему приведет выполнение программной инструкции: TIM6->DIER=0x1000;

Последней строкой кода функции InitTimer6() разрешаем модулю таймера генерировать прерывание при возникновении события обновления UEV:

TIM6->DIER |= 0x1;

Регистр DIER (программный доступ: TIMx->DIER) используется для разрешения прерываний и запросов DMA (запросов прямого доступа к памяти)

Структура регистра DIER

Бит 8 UDE - разрешение запроса DMA (при UEV):

0: запрос DMA отключен;

1: запрос DMA включен.

Бит 0 UIF - разрешение прерывания (при UEV):

0: прерывание отключено;

1: прерывание разрешено.

26.Какой осуществляется регулировка мощности нагрузки в методе ШИМ?

На стенде STM_01 рассмотрим подключенную к выводам PB.0 и PB.8 внешнюю цепь со светодиодом L1 (см. лабораторную работу №1, рис. 15). Если на эти выходы порта В подать постоянное напряжение +Uпит, то через светодиод будет протекать электрический ток, что вызовет его свечение с максимальной мощностью. Когда выключена одна из указанных линий порта светодиод не горит (мощность его излучения равна нулю).

27.Как связаны между собой коэффициент заполнения и скважность сигнала?

Отношение интервала времени с высоким уровнем бинарного сигнала к периоду его колебания называют коэффициентом заполнения.

Когда светодиод включен постоянно, коэффициент заполнения сигнала равен 100%. Если интервал свечения равен половине периода мигания светодиода, то коэффициент заполнения равен 50%. В целом, регулировку яркости свечения светодиодов на стенде STM_01 можно выполнять с помощью контроля коэффициента заполнения сигнала от 0 до 100% на выходах цифровых портов PB0– PB7. Такое управление мощностью нагрузки называют широтноимпульсной модуляцией (ШИМ).

28.Почему яркость горения светодиода, воспринимаемая глазом человека, не зависит от периода сигнала, когда частота ШИМ больше 100-300 Гц?

Переключение цифровой линии PB.0 на малой частоте (0 – 20 Гц) вызывает мигание светодиода, наблюдаемое глазом человека. Однако мигание с частотой 1 кГц глаз различить уже не сможет, и человеку будет казаться, что светодиод горит постоянно. Это происходит потому, что глаз усредняет световой поток за время около 50 мс. И хотя в данный промежуток времени укладывается 20 периодов мигания светодиода, глаз будет воспринимать среднюю яркость как постоянную величину.

29.Какой коэффициент заполнения имеет сигнал, если интервал свечения составляет 30 мкс, а интервал гашения – 270 мкс?

$$t/T=30/270+30=0,1$$

30. Как с помощью таймеров можно синтезировать на выходе микроконтроллера сигнал заданной скважности?