

Когда речь заходит о почтенном таймере 555, Пол Рако (Paul Rako) соглашается с Бобом Пизом – старайтесь не использовать его, если от вашего приложения требуется хоть какая-то точность.

Еще в 2011 году, Джефф Гамильтон, связавшись с Бобом Пизом, попросил его поделиться опытом работы с классической микросхемой таймера 555. Джефф писал Пизу: «Готовясь к празднованию 40-летия с момента появления микросхемы на рынке, я подумал, что, может быть, у вас есть какая-нибудь история, связанная с 555, которой вы готовы поделиться. Будет полезен рассказ о любой истории из вашего первого опыта работы с устройством – возможно, для какого-то серьезного приложения, или для развлекательной игрушки».

Пиз ответил со свойственной ему прямолинейностью. Он написал:

«Привет, Джефф! Я почти никогда не пользовался 555. А может быть, вообще никогда. Я использую операционные усилители LM324, LM311, LF356. Я использую 74НС04 и 74С14, но не 555. Я использовал быструю ЭСЛ логику и дискретные транзисторы. Но 555 не может сделать ничего точного, или даже полу точного из того, что мне требовалось. Так что, единственное, чем я могу «поделиться»: моя любимая схема на основе 555 – это чистый лист бумаги. Никогда даже не прикасайтесь к этой вещи. Распечатайте этот лист и идите дальше».

Я согласен с Пизом, и всегда рассматривал таймер 555 как в основном радиолюбительскую микросхему. Под этим я понимаю то, что микросхема может стать источником проблем для любого приложения, выпускаемого вами в промышленных объёмах, где решающее значение имеют воспроизводимость и стабильность параметров. Замечание Пиза относительно низкой точности 555 вполне справедливо, это правда. Точность ограничивается не только компонентами, которые вы навесите вокруг него, но и довольно большим разбросом собственных параметров таймера внутри партии микросхем.

Кроме того, возможно, вы конструировали что-то на КМОП версии, и агент по снабжению вашей фирмы, решив проявить ненужную инициативу, заменил оригинальную биполярную микросхему изделием какого-нибудь третьего поставщика. Ведь в названиях обоих компонентов есть число 555, значит, оба должны работать, верно? Однако вашему снабженцу следовало бы знать, что у таймеров разных компаний разные кристаллы, а иногда и разные технологические процессы, и это эквивалентно замене компонента.

Первый раз я обжёгся на 555 в 1980-х, когда пытался использовать один из таймеров в качестве генератора сброса в коммуникационной системе военного назначения (Рисунок 1). Включив питание, я не увидел на выходе 555 ничего похожего на импульс ждущего мультивибратора. По счастью, в Лаборатории электромагнитных систем (теперь TRW) нашлись «ветераны» аналоговой техники, которые смогли все объяснить. Они сказали, что в своей основе этот чип цифровой. Все могло пойти не так, в зависимости от того, насколько быстро или медленно нарастало напряжение на шине питания. Кроме того, на ней всегда

хватает бросков от реле или силовых ключей. В определенных случаях сделать характеристики микросхемы непредсказуемыми могли также быстрые изменения потребляемой мощности.

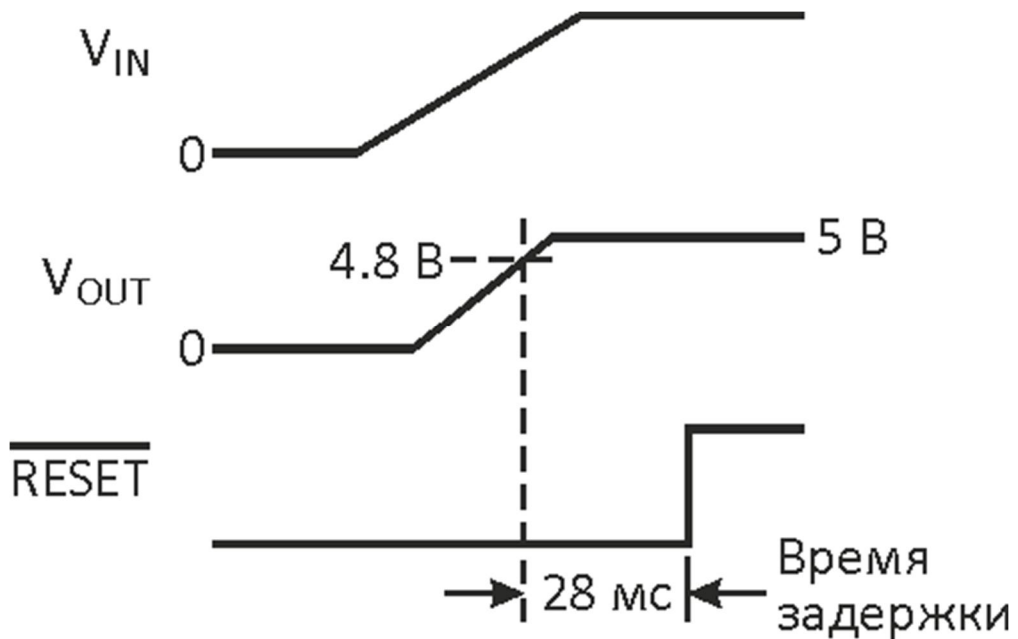


Рисунок 1. Эта временная диаграмма показывает, как с задержкой 28 мс формируется импульс  $\overline{RESET}$  после того, как напряжение питания достигает уровня 4.8 В.

Когда я спросил их, что же мне делать, все дружно ответили: «Ты должен сделать схему сброса на нескольких дискретных транзисторах с конденсаторами и резисторами и глубоко понять, как она работает при всех этих условиях». К счастью, с тех пор такие компании как Maxim разработали целые семейства микросхем сброса с очень предсказуемым поведением, позволяющие сэкономить место и деньги по сравнению с дискретными схемами (Рисунок 2). Пожалуйста, заплатите Maxim все, что они просят, а не думайте, что сможете обойтись дешевым таймером 555.



Рисунок 2. Супервизор питания DS1233 компании Maxim впускается либо в небольшом корпусе TO-92, либо в корпусе для поверхностного монтажа SOT-223.

Другие проблемы, с которыми я столкнулся, работая с 555, были связаны с чувствительностью таймера к напряжению питания. Когда Ганс Камензинд разрабатывал эту знаменитую микросхему [1], он стремился в первую очередь сделать ее нечувствительной к напряжению питания. Но все же частота переключения или ширина импульсов слегка зависят от питания. Другими недостатками микросхемы являются проблемы, создаваемые бросками входного напряжения, и чувствительность к температуре, из-за которой меняется частота или ширина импульсов.

Наряду с перечисленными выше, существуют проблемы, источниками которых являются применяемые нами компоненты. Если вы используете высокоомные резисторы, у вас возникнут проблемы с утечками. Когда серийное изделие оказывается в месте с повышенной влажностью, частота будет меняться вместе с погодой. Низкоомные резисторы забирают огромную мощность. При использовании конденсаторов малой емкости у вас будут проблемы с паразитными емкостями платы. Схема превращается в датчик приближения, и ее частота зависит от расстояния до вашей руки.

А когда вы используете полярные конденсаторы большой емкости, они не только имеют большие утечки, но и очень низкую надежность. Керамическим конденсаторам присущ микрофонный эффект; при нажатии на них они меняют частоту схемы. Акустические свойства проявляются в обоих направлениях – керамические конденсаторы излучают звук, если рабочая частота схемы находится в аудио диапазоне.

К счастью, так же, как Maxim решила ваши проблемы сброса по включению питания, Linear Technology решила проблемы стабильности временных интервалов, выпустив линейку микросхем TimerBlox. Впрочем, Linear утверждает, что TimerBlox могут с равным успехом использоваться и для сброса по включению питания (Рисунок 3). Разбираться в этих микросхемах на уровне транзисторов предоставим их разработчикам, а нам, чтобы понять, как они работают, будет достаточно IBIS аппроксимации их цифрового поведения.

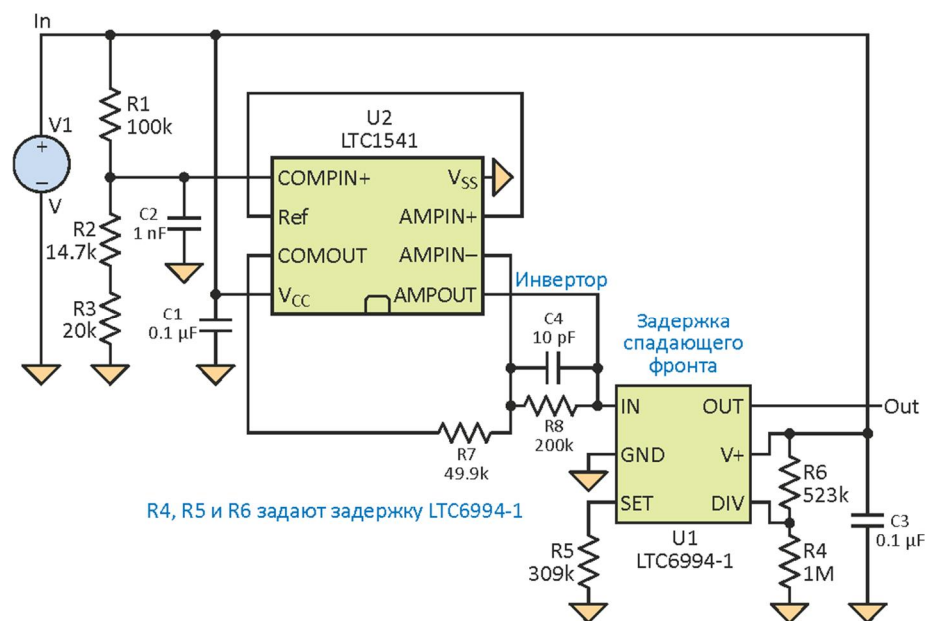


Рисунок 3. Эту схему сброса по включению питания Linear Technology разработала на основе своих микросхем TimerBlox.

И что очень приятно, схемам TimerBlox не нужны никакие конденсаторы, так что с ними вы можете забыть про головную боль с утечками, паразитной емкостью и микрофонным эффектом. Когда вышел TimerBlox, мой друг Тим Риган (Рисунок 4) работал менеджером отдела применения в Linear Technology. В помощь пользователям чипов TimerBlox Тим разработал электронную таблицу Excel [2]. Сейчас Тим уже на пенсии, но когда я спросил о TimerBlox, он отметил:

«Я думаю, что TimerBlox понравились бы Пизу из-за их простоты и из-за того, что для получения больших временных задержек не требуются большие конденсаторы. Что бы ему не понравилось – так это то, что им не требуется ни одного диода или маленького конденсатора, которые порождали бы эффекты четвертого или пятого порядка, которые он всегда любил скрупулезно анализировать. Не впечатлила бы его и двухпроцентная точность (хотя и более хорошая, чем у 555), а также ограниченный 1 МГц частотный диапазон. В душе он был сторонником ГУН [генераторов, управляемых напряжением].

«Разрабатывать примеры схем для технического описания TimerBlox было одновременно и просто, и трудно. Просто – потому, что обращаться с этими микросхемами было очень легко, и они всегда делали то, чего вы от них ждали. Я сказал бы, что в этом они чем-то похожи на логические вентили. Трудности с разделом применения были обусловлены несчетным количеством времязадающих схем, каждая из которых предъявляла свои особые требования практически в каждой системе. Всегда есть условия, при которых в определенный временной интервал что-то должно либо произойти, либо нет. И когда вы сталкиваетесь с решением подобных задач, приятно иметь простое доступное устройство, с которым вещи происходят тогда, когда должны происходить.

«Что касается моего средства разработки на основе электронной таблицы, то мои последователи сделали его намного более продуманным и привлекательным, чем было у меня. Теперь этот инструментарий можно запускать онлайн. У меня всегда возникали сложности с инженерами отдела технической поддержки Linear Technology, которые пользовались компьютерами Mac, в то время как я знал только PC. Они не могли открывать мою таблицу, содержащую элементы, никогда не существовавшие одновременно на обеих платформах Microsoft и Apple. Но после того, как она заработала онлайн, любой может использовать ее, чтобы буквально за считанные секунды вставить TimerBlox в свои схемы».

Все сказанное не значит, что вы никогда не должны использовать 555. Жизнь изначально аналоговая, и есть много мест, где дешевый 555 может оказаться полезным в небольшом одноразовом тестовом устройстве, а может быть, вам не требуется ничего высокоточного, стабильного, надежного или воспроизводимого. Как отмечено в одной книге, «Все имеет значение. Хотя бы только для того, чтобы служить плохим примером».



*Рисунок 4. Тим Риган, друг Боба Пиза, бывший менеджер отдела применения в Linear Technology, который помог создать TimerBlox и разработал электронную таблицу Excel для облегчения их использования.*

Реальная ценность 555 состоит в том, что он учит основам электроники. Для этого у нас есть фантастический набор 555, сделанный на дискретных транзисторах (Рисунок 5). Этот набор позволит вам добраться осциллографом до всех внутренних точек и понять, как же на самом деле работает этот чип. Обратите внимание, что он основан на схеме биполярного 555, а не на КМОП версии Intersil.



*Рисунок 5. Набор дискретных компонентов для сборки таймера 555 поможет вам изучить многие принципы работы схемы.*

Когда я поделился с Пизом разочарованиями по поводу 555, он заметил: «Думаю, вы и я сделали хорошее дело, вылив ушат холодной воды на старый добрый 555. Должен ли я отправить копию письма дяде Гансу Камензинду? Не, я сэкономлю 44 цента и предоставлю сделать это кому-нибудь другому. Спасибо, что развеселили меня».

Дело в том, что и Боб, и я очень уважаем Ганса Камензинда и его раннюю «систему на кристалле», которая продавалась лучше, чем любая другая микросхема. Миллиарды чипов, продаваемых каждый год, служат убедительным доказательством того, что они устраивают многих инженеров. А мне запомнился рассказ Ганса о том, как ему пришлось бороться с людьми из отдела маркетинга, которые не видели никакой пользы в новом чипе.

Это прекрасно согласуется с наблюдениями Клейтона Кристенсена (Clayton Christensen), который в своей знаменитой книге «Дилемма инноватора» отмечал, что отделы маркетинга редко смотрят на новые рынки, просто стремясь продать что-то более дешевое на уже существующем, к которому они привыкли и которому служат. Говоря о Камензинде, он отмечал, что это был человек, который придумал новую вещь для нового рынка. Несомненно, Ганс сделал это, за что я всегда буду его уважать, хотя Пиз и не хотел пользоваться его микросхемой.

---

<sup>1)</sup> Роберт Аллен Пиз (Robert Allen Pease), погибший в автокатастрофе в 2011 году в возрасте 70 лет, был общепризнанным гуру в области разработки аналоговых интегральных схем. Среди созданных им «бестселлеров» преобразователь напряжение-частота LM331 и стабилизатор отрицательного напряжения LM337 (комплементарный к LM317).