

# Тахометр для квадрокоптера

Андрей Шабронов (shabronov@ngs.ru)

В статье приведено описание схемы, конструкции и программы для измерения скорости вращения двигателя квадрокоптера. Основное отличие от существующих прототипов [1] – использование инфракрасного датчика отражения, что позволяет безопасно проводить измерения и не задействовать конструкцию моторов. Вторым важным и отличительным достоинством является использование USB-UART-преобразователя с кварцевой стабилизацией сигналов (тахометр), что обеспечивает необходимую точность измерения и снижает стоимость устройства. Возможно применение тахометра в системах контроля: вентиляции, вращающихся элементов, крыльчаток и т.п.

## ВВЕДЕНИЕ

Для измерения скорости вращения требуется фиксировать количество оборотов за фиксированный интервал времени, например, в одну секунду.

Инфракрасный датчик фиксирует перемещение лопасти. Лопасть отражает фотопоток, датчик регистрирует это своим выходным напряжением. Есть фотопоток – напряжение на выходе высокое, нет фотопотока – напряжение низкое.

Для получения фиксированного интервала времени с учётом перемещений лопастей используется передача блока известных байтов (0xFF) и приём этого же блока байтов, но с модуляцией через логический элемент типа «исключающее ИЛИ» (сокращенно «И-ИЛИ») от инфракрасного датчика. Свойство логической функции «И-ИЛИ» – выделять «разностный» код, который формирует на приёме тот же блок, но байты, которые попадают в интервал с фотопотоком, инвертируются (0x00). Таким образом, принимаемый блок содержит информацию о количестве пересечений. Время измерения определяется умножением количества байтов на скорость передачи байтов.

Блок передаётся на «машинном уровне» компьютера и не прерыва-

ется другими подпрограммами USB-интерфейса, поэтому он точный по времени. Между блоками временной интервал может быть различный.

Для используемого типа USB-UART [2] максимально возможный блок передачи-приёма составляет 1 кбайт (4096 байт). Для скорости 100 кбит/с время измерения составит около 0,4 с. При разделении фотопотока по 3...4 байта получаем максимальное число возможного учёта, а именно:  $4096/(4+4)=512$  пересечений.

В данном примерном расчёте суммирование в 2 раза означает, что 3...4 байта фотопотока проходит, а следующие 3...4 байта нет. Это и есть период пересечения. Абсолютная ошибка составляет один байт. В процентах это  $1/4096 \times 100\% = 0,02\%$ .

Оценим предельные параметры измерения. Мотор квадрокоптера рассчитан на максимальную работу до 12 000 оборотов в минуту, следовательно, выполняет  $12\,000/60=200$  об/с, а за 0,5 с это 100 оборотов. Таким образом, предел измерения на данной скорости передачи и размере блока превышает возможный предел для мотора квадрокоптера более чем в 5 раз.

Приведённый пример расчёта показывает, что точность измерения можно

определить математически. Другой способ – сравнить с аналогичными приборами и тахометрами.

Важно при оценке погрешности измерений оценить параметры датчика фотопотока. Поскольку, возможны ситуации «засвечивания» от посторонних и рядом расположенных элементов конструкции.

В приведённой далее программе для увеличения точности измерений используются метод накопления среднего значения и расчёт дисперсии среднего значения.

## ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА ТАХОМЕТРА

Предлагаемая схема тахометра построена на трёх самостоятельных конструктивных элементах: адаптер USB-UART [2], датчик фотопотока для ARDUINO и одна логическая микросхема, которая формирует функцию «И-ИЛИ» (555ЛА3). Схема измерителя представлена на рисунке 1.

Для формирования функции «И-ИЛИ» применена распространённая микросхема 555ЛА3 с 4 элементами 2И-НЕ. Функцию «И-ИЛИ» формирует включение всех её элементов. Вполне возможно использовать и микросхему 555ЛП5, которая содержит четыре элемента «И-ИЛИ». В этом случае задействуется один и не используются три элемента.

Питание всех компонентов осуществляется по USB-шине компьютера. Потребляемый ток не более 100 мА.

На рисунке 2 представлены диаграммы сигналов на входе и выходе «И-ИЛИ» при приёме данных пересечений фотопотока фотоприёмником. Сигналы 1-й и 2-й диаграмм – это передаваемый блок в точке TXD UART. Сигнал 3-й диаграммы – принимаемый сигнал от фотоприёмника D0, который поступает на входы 1 и 13 микросхемы U1 (см. рис. 1).

Сигналы 4-й и 5-й диаграмм – это сигнал с модуляцией по «И-ИЛИ» с вывода 6 микросхемы U1, который поступает на вход RXD UART.

Сигналы диаграмм 1, 2 и 4, 5 одинаковые, но представлены в разных масштабах для уточнения метода преобразования. Стрелками указано место увеличенного масштаба отображения.

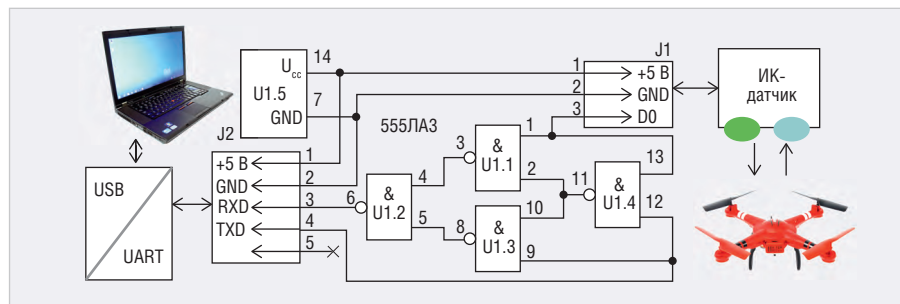


Рис. 1. Схема измерителя (тахометра)