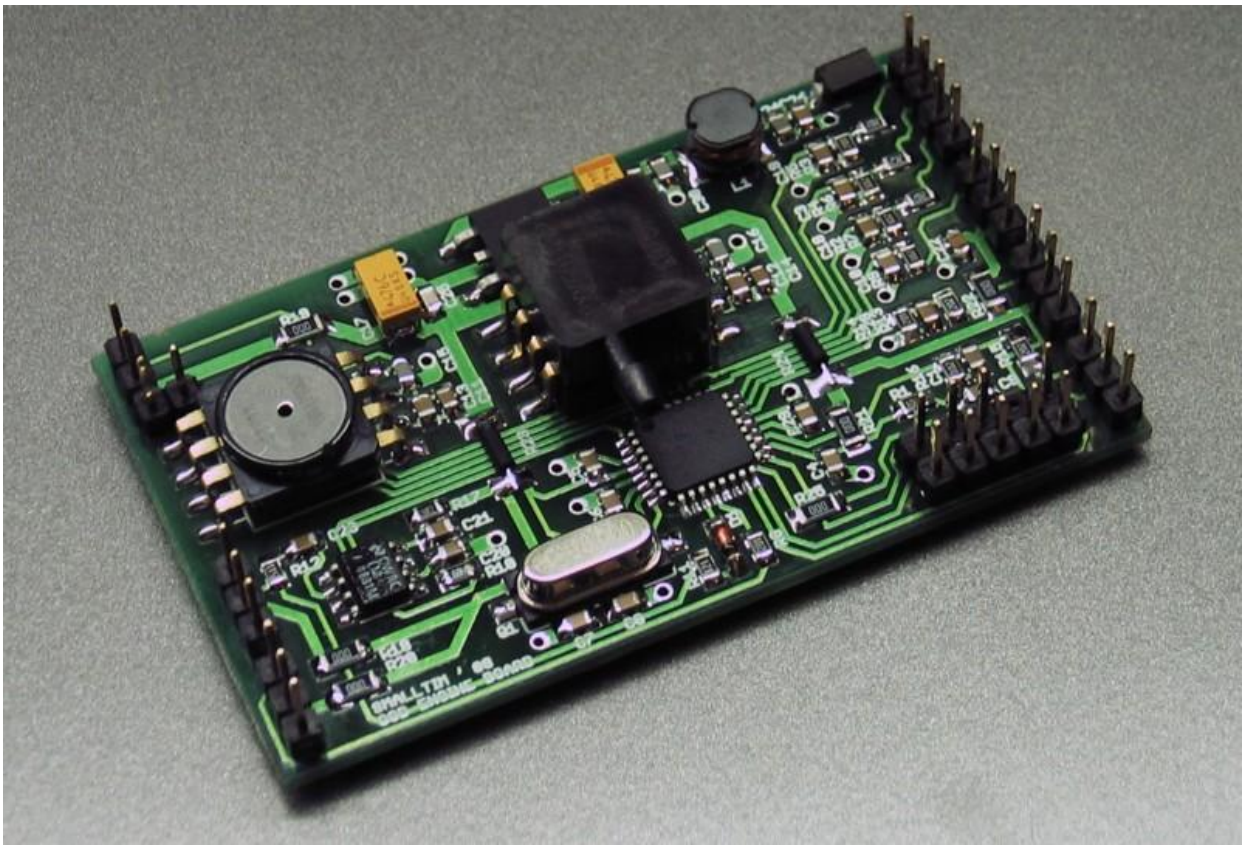
Модуль телеметрии «smalltim & co @ rcdesign.ru»

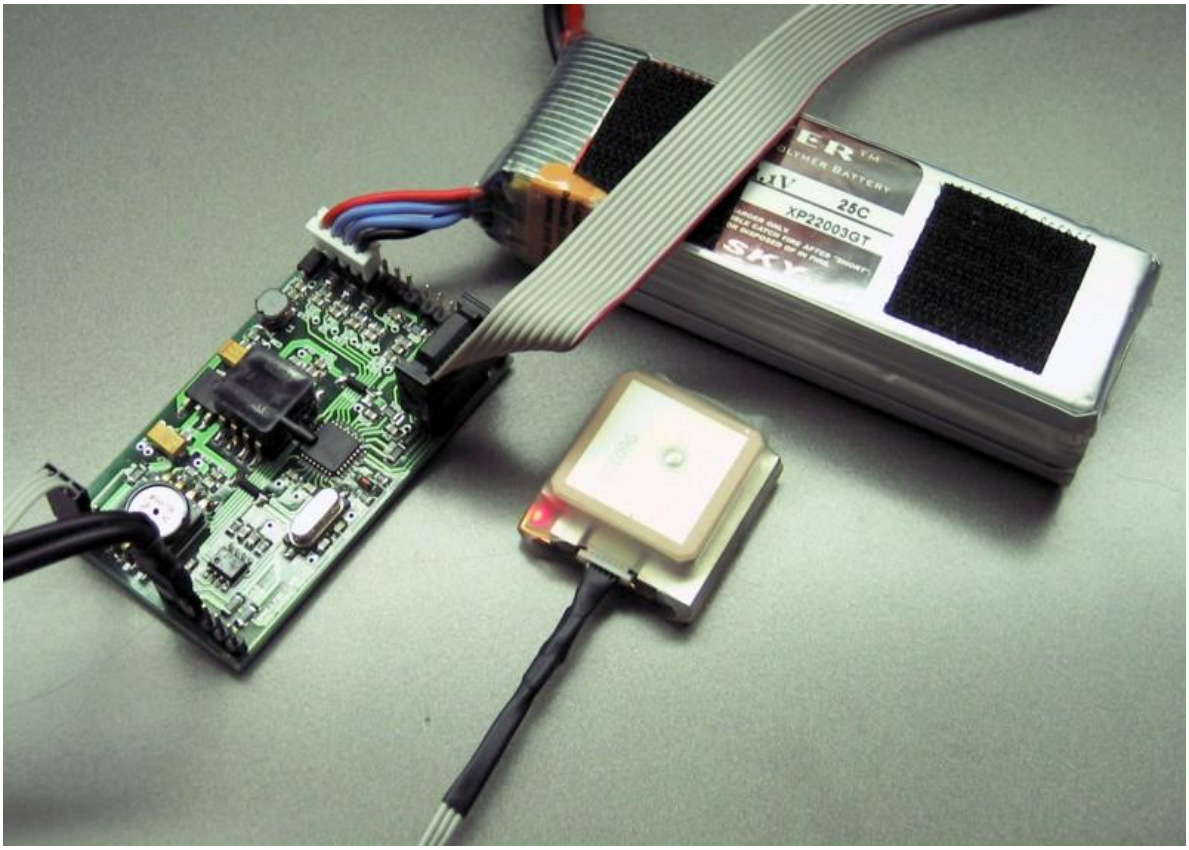
Общее описание

Модуль телеметриии представляет собой электронное устройство, осуществляющее измерение, обработку и отображение на экране необходимых для FPV-пилотов параметров полета, таких так высота полета, скорость, время, напряжение батарей и т.д.
Измерение физических параметров осуществляется с помощью датчиков давления, тока, температуры, и т.д., часть из которых расположена на плате модуля, а часть подключается к разъемам на плате модуля.



Обработка и фильтрация данных с датчиков и отображение результатов в графическом виде производится силами микроконтроллера, установленного на плате модуля.

Отображение параметров на экране осуществляется путем подмешивания специальным образом сформированного сигнала к видеосигналу, поступающему с видеокамеры, композитного выхода фотоаппарата, установленного на самолете, или другого источника композитного видеосигнала. Таким образом, для функционирования модуля необходимо наличие источника видеосигнала на борту модели и устройства отображения видеосигнала на земле (видеоочки, видеокамера, телевизор, ноутбук и т.д.)



Собранный модуль в комплекте с датчиками представляет собой законченное устройство, требующее для полноценного функционирования лишь источник видеосигнала и источник питания.

Характеристики

Основные характеристики модуля телеметрии:

- Поддерживаемый формат видеосигнала: PAL
- Напряжение питания: 6..15 В
- Энергопотребление (с датчиками и модулем GPS) : <150мА
- Габариты: 68x40x11 мм
- Масса (без проводов и датчиков, без модуля GPS): 18 гр
- Масса (с проводами и датчиками, с модулем GPS): 40 гр

Модуль осуществляет измерение и отображение следующих параметров:

- Полетное время: 00мин:00сек..99мин:59сек
  Формат отображения на экране : XX:XX, шаг = 1 секунда
- Качество приема RC сигнала с передатчика: «сигнал отстутсвует».. «сигнал максимальный»
  Формат отображения на экране: 5 градаций шкалы, шаг = 1 градация шкалы
- Высота по барометрическому датчику: 0..999м
  Формат отображения на экране: XXXm, шаг = 1м
- Воздушная скорость : 0..350км/ч
  Формат отображения на экране: XXXk, шаг = 1км/ч (4км/ч при скорости < 10км/ч)
- Температура воздуха: -45..+85°C
  Формат отображения на экране: +XX.X°c, шаг = 0.1°C
- Ток: 0..99A
  Формат отображения на экране: X.XXa / XX.Xa, шаг = 0.01A / 0.1A
- Напряжение (3 входа, см. описание ниже): 0..15B
  Формат отображения на экране: X.XXv / XX.Xv, шаг = 0.01B / 0.1B
- Израсходованный заряд батареи: 0..9999мАч
  Формат отображения на экране: XXXXmAh, шаг = 1 мАч

Помимо этого, при подключении модуля спутниковой навигации GPS, удовлетворяющего условиям совместимости:

- Выход - 4800бод, 8 бит данных, нет контроля четности, 1 стоповый бит (4800, 8/N/1)
- Выходные данные - в формате NMEA
- Выходной интерфейс - TTL
- Пакеты NMEA следуют с частотой 1 Гц

…, например, «EM406A TTL» производства GlobalSat, модуль телеметрии осуществляет обработку данных с модуля GPS и отображение следующих параметров:

- Высота по GPS: -999..9999м
  Формат отображения на экране: -XXXm/XXXXm, шаг = 1 м
- Скорость относительно земли по GPS: 0..999км/ч
  Формат отображения на экране: XXXk, шаг = 1 км/ч
- Расстояние до точки взлета по GPS: 0..9999м
  Формат отображения на экране: XXXXm, шаг = 1 м
- Направление вектора текущей скорости: 0..360 градусов
  Формат отображения на экране: стрелка на «карте», шаг = 360°/24 положения
- Направление на точку взлета: 0..360 градусов
  Формат отображения на экране: иконка на «карте», шаг = 360°/32 положения
- Количество видимых спутников GPS: 0..12
  Формат отображения на экране: XX
- Формат определения положения модулем: недоступно / 2D / 3D
  Формат отображения на экране: “NA” / ”2D” / “3D”

Описание работы

Инициализация

Поскольку большинство физических параметров, контролируемых модулем, имеет ненулевое значение «на земле», например, атмосферное давление, в программе модуля телеметрии предусмотрен период инициализации (первые 15 секунд работы после подачи питания на модуль), в течение которого опрашиваются и запоминаются базовые показания датчиков, а также определяется наличие подключения RC приемника, модуля GPS и батарей, чье напряжене подлежит мониторингу.

Наличие этих условий приносит определенные неудобства, но избавляет от необходимости калибровать каждый конкретный экземпляр – модуль телеметрии производит автокалибровку самостоятельно, на этапе инициализации.

Следующие условия критичны на этапе инициализации модуля телеметрии (первые 15 секунд работы после подачи питания на модуль). Выполнение этих условий необходимо для корректной работы модуля позже, в полете:

- Входное ответстие трубки, передающей давление набегающего потока воздуха к барометрическому датчику скорости, должно быть закрыто от ветра, иначе величина скорости ветра будет принята за нулевое значение и в полете модуль телеметрии будет отображать заниженные значения скорости.

- Модель должна находиться на земле или на небольшой высоте, иначе за базовое значение атмосферного давления будет принято давление на той высоте, где находится модель, и впоследствии модуль будет отображать заниженные значения высоты относительно уровня земли в точке старта.

- Температура корпуса термодатчика должна равняться температуре воздуха. Для этого перед полетом модель должна находиться в уличных условиях как минимум 5 минут, для того, чтобы температура корпуса термодатчика сравнялась у личной температурой. В противном случае модуль телеметрии будет выдавать некорректные данные о высоте по барометрическому датчику, поскольку в формулу расчета высоты по атмосферному давлению входит и значение температуры.

- При наличии подключении модуля телеметрии к какому-либо из каналов приемника модели RC передатчик должен быть включен в течение 15 секунд хотя бы на 2 секунды , иначе наличие подключения к передатчику не будет сохранено в памяти модуля телеметрии и впоследствии, при пропадании RC сигнала («чрезвычайная ситуация»), координаты с GPS модуля не будут отображены на экране.

- При наличии подключения модуля телеметрии к какому-либо из каналов приемника модели и при необходимости управлять режимами вывода изображения на экран с RC-передатчика передатчик должен быть включен до подачи питания на модуль телеметрии и должен оставаться включенным в течение всего этапа инициализации модуля телеметрии. Ручка

соответствующего канала должна быть переведена в максимальное и минимальное положения в течение 15 секунд , для того, чтобы программа модуля могла сохранить в памяти ширину PPM имульсов, соответствующих диапазону перемещения ручки на передатчике. Иначе, при отсутствии перемещения ручки на передатчике модуль телеметрии примет за диапазон PPM, соответствующий минимальному и максимальному положениям ручки стандартные величины в 1 и 2 мсек, что может отличаться от настроек конкретного передатчика. В таком случае не гарантируется четкая реакция модуля телеметрии на команды с RC-передатчика.

- Если мониторинг тока ходового электромотора и расхода заряда ходовой батареи критичны, то не рекомендуется управлять мотором или сервомашинками на этапе инициализации модуля телеметрии, иначе потребляемый в этот момент двигателем или сервомашинками ток будет принят за нулевой уровень тока и впоследствии модуль телеметрии будет показывать заниженные значения тока и расхода заряда ходовой батареи.

- Наличие подключения батарей к модулю телеметрии определяется на этапе инициализации модуля. Для того, чтобы программа модуля считала какой-либо из входов для батарей подключенным к батарее, напряжение на соответствующем контакте разъема для подключения батарей должно превышать 0.1В.
  В противном случае при подключении батареи модуль не выведет на экран индикатор со значением ее напряжения.

Помимо этого, если в к модулю телеметрии подключен модуль спутниковой навигации GPS, перед запуском модели необходимо выполнить следующее условие:

- Для корректного определения позиции старта модели необходимо дождаться старта модуля GPS (обычно это занимает около 30 секунд в условиях полетов на открытой местности) и запоминания стартовой позиции модели. После начала поступления корректных данных с модуля GPS на экране начинает мигать соответствующая иконка, и после накопления 50 пакетов с корректными данными координаты с модуля GPS запоминаются как координаты старта модели. В этот момент соответствующая иконка на экране прекращает мигать и начинает гореть постоянно. Количество видимых спутников GPS перестает быть нулевым, а индикатор режима определения координат вместо “NA” становится равен “2D” или “3D”.

Расшифровка информации на экране

Во время инициализации модуля телеметрии (первые 15 секунд после подачи питания) поверх изображения с камеры накладывается следующая информация помимо стандартного набора данных:

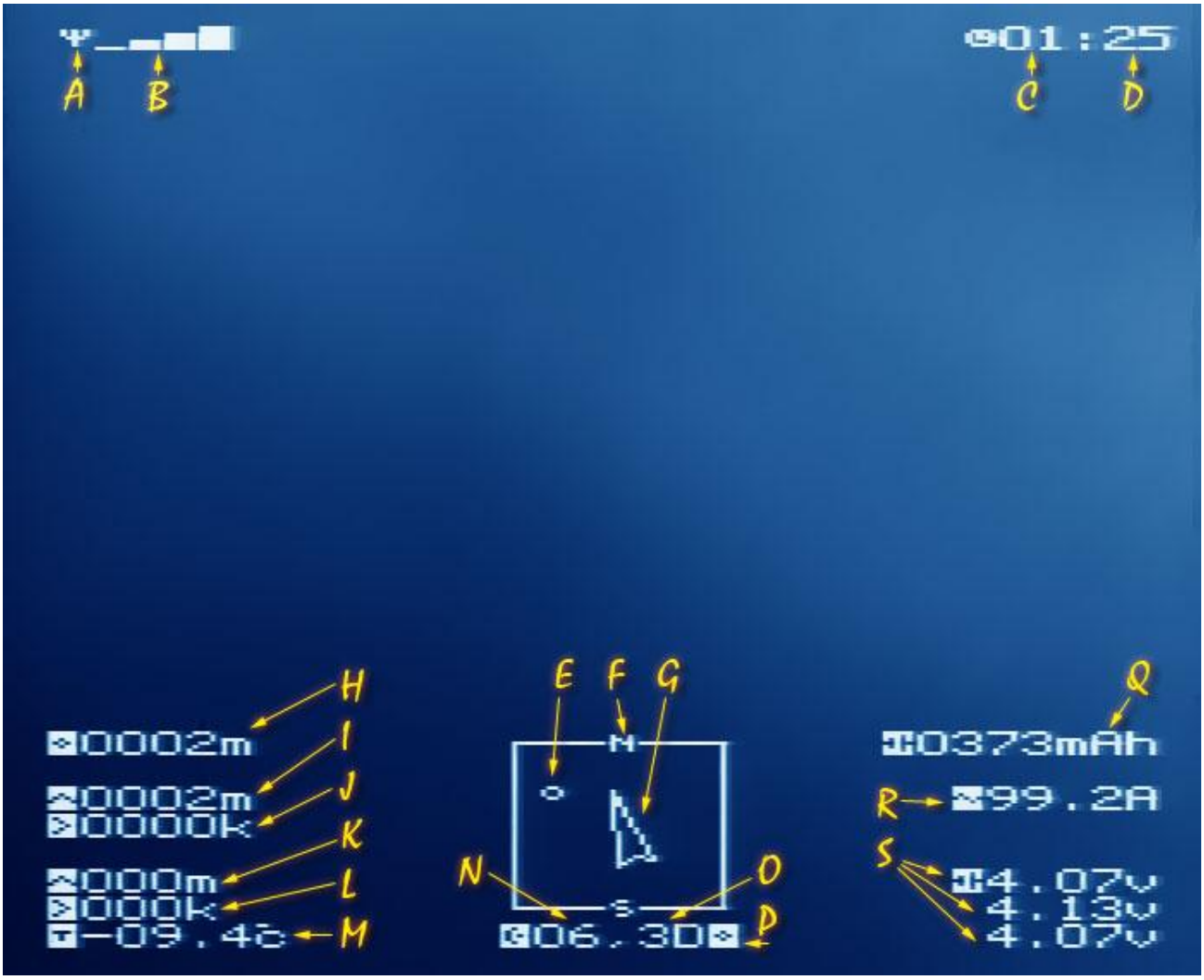


A: Строка с текущей версией прошивки платы телеметрии (в данном примере- 2.25).

B: Текущая ширина канальных импульсов PPM на подключенном к RC приемнику входе модуля телеметрии (в данном примере – 1.87 миллисекунды). Если подключение к RC приемнику отсутствует, соответствующее место на экране пусто.

C: Индикатор отсчета секунд.

После инициализации модуль телеметрии выходит в рабочий режим, отображая следующий набор данных:



A: Индикатор наличия PPM сигнала с RC приемника.

Этот индикатор высвечивается только тогда, когда модуль телеметрии регистрирует больше 20 импульсов PPM стандартной ширины на входе, подключенном к одному из каналов RC приемника. При наличии сильных помех, при большой удаленности модели от RC передатчика или при выключении RC передатчика ширина PPM импульсов выходит за разумные рамки, или импульсы приходят нерегулярно. В таком случае этот индикатор гасится. *Внимание: приемники с Fail Safe обеспечивают наличие адекватного PPM сигнала на выходе вне зависимости от условий приема, поэтому при подключении модуля телеметрии к таким приемникам этот индикатор будет присутствовать на экране при любых условиях.*

B: Индикатор качества приема RC сигнала.

Принцип оценки качества RC сигнала заключается в измерении вариаций ширины PPM импульсов, приходящих с RC приемника, в течение определенного периода времени (~0.2 сек). Чем сильнее варьируется ширина PPM импульсов, тем хуже условия приема. Гашение каждой «палочки» индикатора соответствует увеличению шума ширины PPM импульсов в 4 раза.
В силу выбранной реализации оценки качества RC сигнала модуль телеметрии показывает временное «ухудшение» качества RC сигнала при изменении положения ручки RC передатчика на канале, подключенном к модулю. Поэтому рекомендуется подключать модуль телеметрии к свободному каналу RC передатчика либо к редко используемому дискретному каналу.

C,D: Минуты:Секунды полетного времени.

Отсчет полетного времени начинается в момент подачи питания на модуль телеметрии и подачи видеосигнала с камеры. Счетчик полетного времени использует видеосигнал для синхронизации, деля количество кадров видеосигнала в секунду на 50. При отсутствии видеосигнала на входе модуль телеметрии переходит в «спящий» режим.

E: Индикатор положения старта модели («базы»).

Положение индикатора «базы» на экране вычисляется из взаимного расположения точки старта модели и текущих координат модели и не зависит от значения и направления текущей скорости и высоты модели. Индикатор «базы» может располагаться в 32 разных позициях по периметру «миникарты», при этом расстояние от центра «миникарты» до индикатора не зависит от текущего расстояния модели до «базы». То есть, положение индикатора «базы» отражает лишь направление на «базу», но не расстояние до «базы».

F: Иконка направления на север на «миникарте».

Система координат, использующаяся при отображении позиции точки старта и текущей скорости самолета, строго фиксирована: север на «миникарте» всегда находится вверху «миникарты», юг – внизу.

G: Индикатор направления текущей скорости модели относительно земли.

Направление текущей скорости модели (азимут скорости) определяется данными, получаемыми с модуля GPS. При этом используется привязка к географическому, а не магнитному Северному полюсу.
Для того, чтобы направить модель к «базе», нужно добиться того, чтобы вектор текущей скорости модели относительно земли указывал на индикатор позиции базы. В данном примере для этого необходимо развернуть модель левеее примерно на 30 градусов.
Следует учитывать, что истинное значение и направление скорости модели относительно земли не всегда совпадает со значениями скорости и направления полета модели относительно воздуха, из-за того, что сама среда, в которой движется модель –

воздух – может перемещаться относительно земли. Другими словами, при наличии ветра не следует рассчитывать, что скорость модели в воздухе совпадет со скростью относительно земли, а направление полета модели относительно земли будет совпадать с тем, куда направлен нос модели.
В силу особенностей работы GPS модулей получаемое значение направления скорости модели относительно земли запаздывает по времени относительно реального поведения модели на 1-2 секунды.

H: Текущее расстояние от модели до точки старта, по данным с модуля GPS (метры).

Расстояние от модели до точки старта рассчитывается по разнице между текущими и стартовыми широрой и долготой, при этом в рассчет производится «на плоскости» - высота модели относительно точки старта не учитывается. То есть, если модель находится на какой-то высоте строго над «базой», модуль телеметрии отображает нулевое расстояние.

I: Высота относительно точки старта, по данным с модуля GPS (метры).

При обнаружении четырех или более спутников (обычно обнаруживается 7..11 спутников в условиях открытой местности) модуль GPS переходит в режим 3D навигации: помимо широты и долготы модуль передает и данные о текущей высоте над уровнем моря. Модуль телеметрии вычитает текущую высоту из высоты точки старта и отображает разницу.

J: Величина текущей скорости модели относительно земли, по данным с модуля GPS (км/ч).

В силу особенностей работы GPS модулей получаемое значение величины скорости модели относительно земли запаздывает по времени относительно реального поведения модели на 1-2 секунды.

K: Текущая высота модели относительно точки старта, по данным с барометрического датчика (метры).

В силу особенностей обработки показаний барометрического датчика показания высоты запаздывают относительно реального поведения модели на 1..1.5 сек.
Барометрический датчик высоты расположен на плате модуля телеметрии, для обеспечения максимально корректного измерения высоты необходимо изолировать модуль телеметрии от воздействия воздушных потоков.

L: Текущая скорость модели относительно воздуха, по данным с барометрического датчика (км/ч).

В силу особенностей обработки показаний барометрического датчика показания скорости запаздывают относительно реального поведения модели на 1..1.5 сек.
Барометрический датчик скорости расположен на плате модуля телеметрии, давление набегающего потока воздуха передается на датчик с помощью гибкой трубки.

M: Температура воздуха (градусы Цельсия).

Температура воздуха измеряется с помощью термодатчика, подключаемого к плате модуля телеметрии. Значение текущей температуры воздуха используется для коррекции показаний барометрического датчика высоты, поэтому для максимально корректного отображения высоты термодатчик лучше расположить вне корпуса модели, в набегающем потоке воздуха. Помимо этого, следует избегать нагрева корпуса датчика Солнцем. Наиболее удобный вариант расположения датчика – крепление скотчем, «липучкой» или клеем под фюзеляжем или под крылом.

N: Количество видимых спутников, по данным с модуля GPS.

Чем больше спутников «видит» модуль GPS, тем точнее и надежнее модуль GPS определяет координаты модели. Обычно в условиях открытой местности модуль «видит» 7..11 спутников. Если количество спутников меньше 4, то режим 3D навигации становится недоступен, и показания высоты, отображаемые модулем телеметрии, некорректны.

O: Текущий режим навигации, по данным с модуля GPS.

Если количество спутников меньше 4, то режим 3D навигации становится недоступен, модуль телеметрии выводит значение «2D». Если количество спутников меньше 3 или модуль GPS находится в состоянии инициализации (до ~1 мин после подачи питания), то навигация недоступна и модуль телеметрии выводит значение «NA».

P: Индикатор сохранения позиции базы.

Для корректного определения позиции старта модели необходимо дождаться инициализации модуля GPS. После начала поступления корректных данных с модуля GPS индикатор начинает мигать, и после накопления 50 пакетов с корректными данными координаты с модуля GPS запоминаются как координаты старта модели. В этот момент индикатор прекращает мигать и начинает гореть постоянно.

Q: Израсходованный заряд ходовой батареи (мА/ч).

Подсчет израсходованной энергии батареи ведется на основании датчика тока, включенного в разрыв силовой цепи батареи (от батареи к регулятору оборотов двигателя). Рабочее напряжение ходовой батареи не играет роли. Накопление данных о расходе энергии включается сразу после окончания периода инциализации модуля телеметрии (первые 15 секунд после подачи питания).

R: Текущий ток (А).

Для измерения тока используется внешний датчик тока, включаемый в разрыв плюсового провода силовой цепи (от батареи к регулятору оборотов двигателя). Рабочее напряжение ходовой батареи не играет роли.
При использовании модуля телеметрии на моделях с ДВС можно использовать датчик тока для измерения расхода заряда бортового аккумулятора или аккумулятора видеоподсистемы.

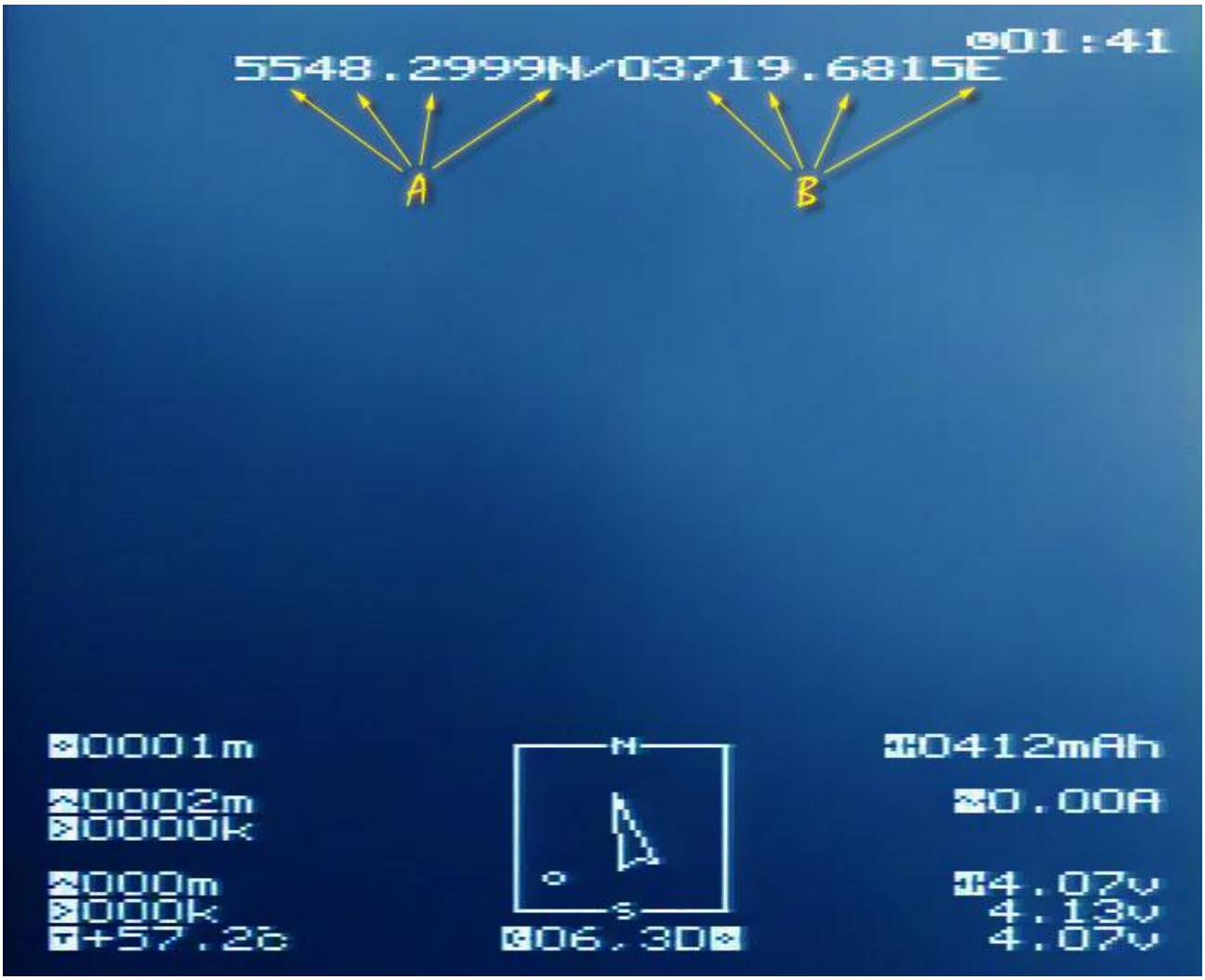
S: Текущее напряжение ходовой батареи (батарей).

Программа модуля телеметрии оптимизирована для отображения напряженя 3-баночных LiPo батарей, при этом может выводиться как напряжение каждой банки батареи независимо, так и общее напряжение на батарее. Помимо этого, при подключении двух батарей модуль телеметрии выводит общие напряжения каждой из батарей.
В данном примере показан режим отображения побаночного напряжения при подключении 3S LiPo батареи.

При отсутствии подключения к модулю GPS модуль телеметрии не выводит на экран параметры, зависящие от данных с модуля GPS:



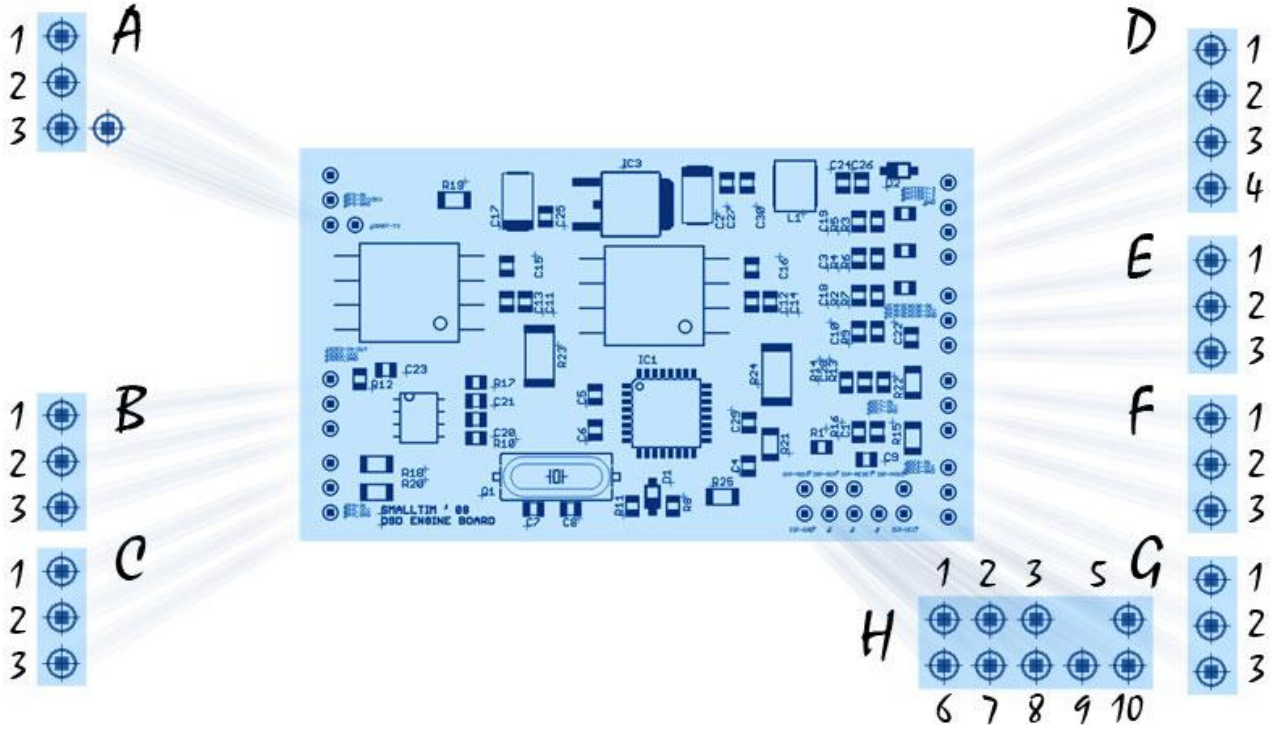
При наличии подключения к модулю GPS после пропадания сигнала RC передатчика или по команде RC передатчика (ручка вверх-вниз-вверх-вниз, в каждом положении - ~1сек) модуль телеметрии переходит в «аварийный режим» - напрямую выводит на экран текущие координаты модели для облегчения ее поиска:



A: Градусы, минуты, доли минут широты в формате ГГММ.ММММ, индикатор северной (N)/южной (S) широты.

B: Градусы, минуты, доли минут долготы в формате ГГГММ.ММММ, индикатор восточной (E)/западной(W) долготы.

Подключение датчиков и разъемов



A: Разъем для подключения модуля GPS.

1: Сигнал с GPS модуля (вывод TX модуля)

2: Питание GPS модуля(+5В)

3: Земля

B: Разъем для подключения видеосигнала с камеры.

1: Видеосигнал

2: Питание камеры (+5В)

3: Земля

C: Разъем для подключения PPM сигнала с RC приемника.

1: Сигнал PPM

2: *Питание приемника (+5В)*

3: Земля

Внимание: провод питания (+5В) приемника разрешается подключать к модулю телеметрии только при отключении питания приемника от BEC регулятора, то есть, для проверки работоспособности системы «на столе». В противном случае вероятен выход из строя модуля телеметрии или выход из строя BEC регулятора.

D: Разъем для подключения батареи (батарей).

1: Вход 3 (+ питания модуля телеметрии)

2: Вход 2

3: Вход 1

4: Земля (- питания модуля телеметрии)

Схема питания модуля телеметрии использует контакты «Вход 3» и «Земля», при этом для нормального функционирования модуля напряжение на контакте «Вход 3» должно превышать 6.5 В.

Программа модуля телеметрии поддерживает следущие варианты подключения батарей, автоматически определяя каждый из типов подключения:

Вариант с отображением побаночного напряжения 3S LiPo батареи :

1: Плюсовой вывод третьей банки

2: Плюсовой вывод второй банки

3: Плюсовой вывод первой банки

4: Минус батареи

Вариант с отображением побаночного напряжения 2S LiPo батареи :

1: Плюсовой вывод второй банки

2:

3: Плюсовой вывод первой банки

4: Минус батареи

Вариант с отображением общего напряжения батареи :

1: Плюс батареи

2:

3:

4: Минус батареи

Вариант с отображением общих напряжений двух батарей :

1: Плюс первой батареи

2: Плюс второй батареи

3:

4: Минус первой и второй батарей

E: Разъем для подключения термодатчика.

1: Сигнал термодатчика

2: Питание термодатчика (+5В)

3: Земля

F: Резервный разъем для подключения датчиков (в данный момент не используется).

1: Сигнал датчика

2: Питание датчика (+5В)

3: Земля

G: Разъем для подключения датчика тока.

1: Сигнал датчика тока

2: Питание датчика тока (+5В)

3: Земля

H: Разъем для подключения программатора/платы автопилота.

1: Сигнал MISO

2: Сигнал SCK

3: Сигнал RESET

5: Сигнал MOSI

6: Земля

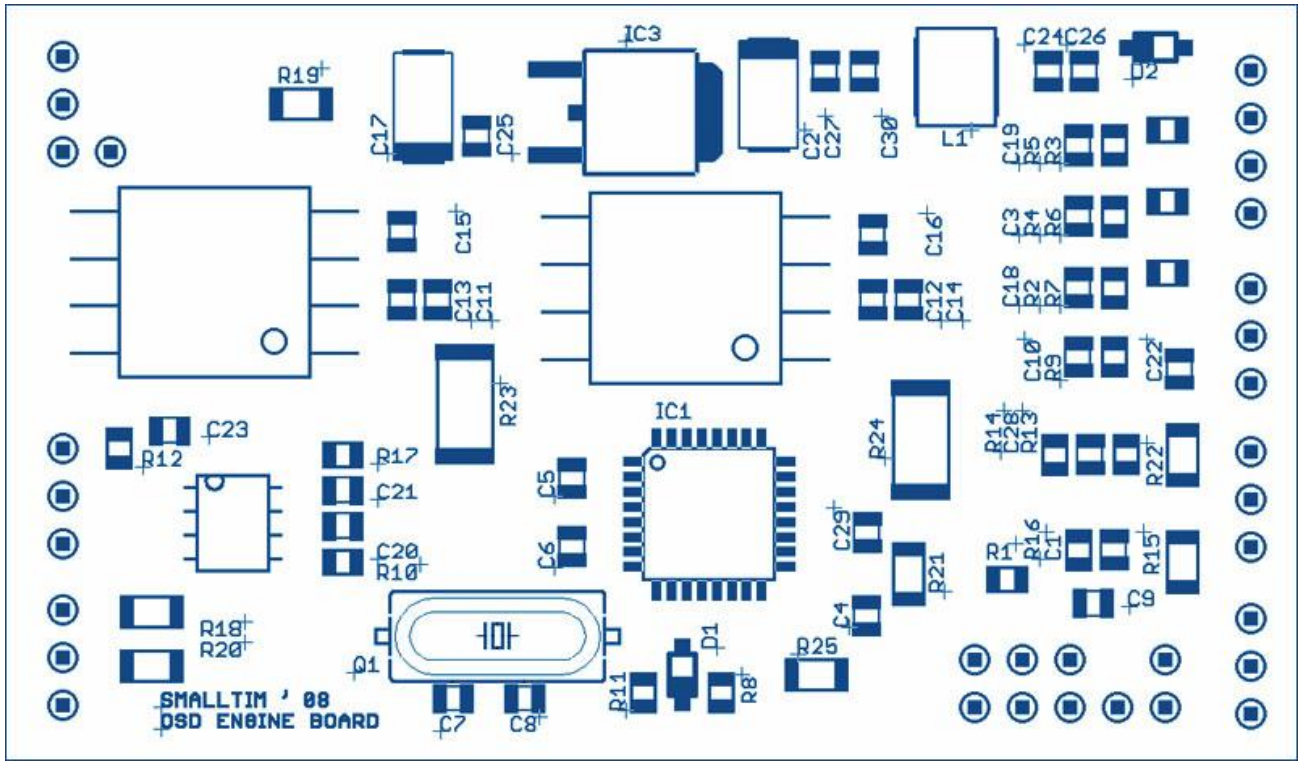
7: Земля

8: Земля

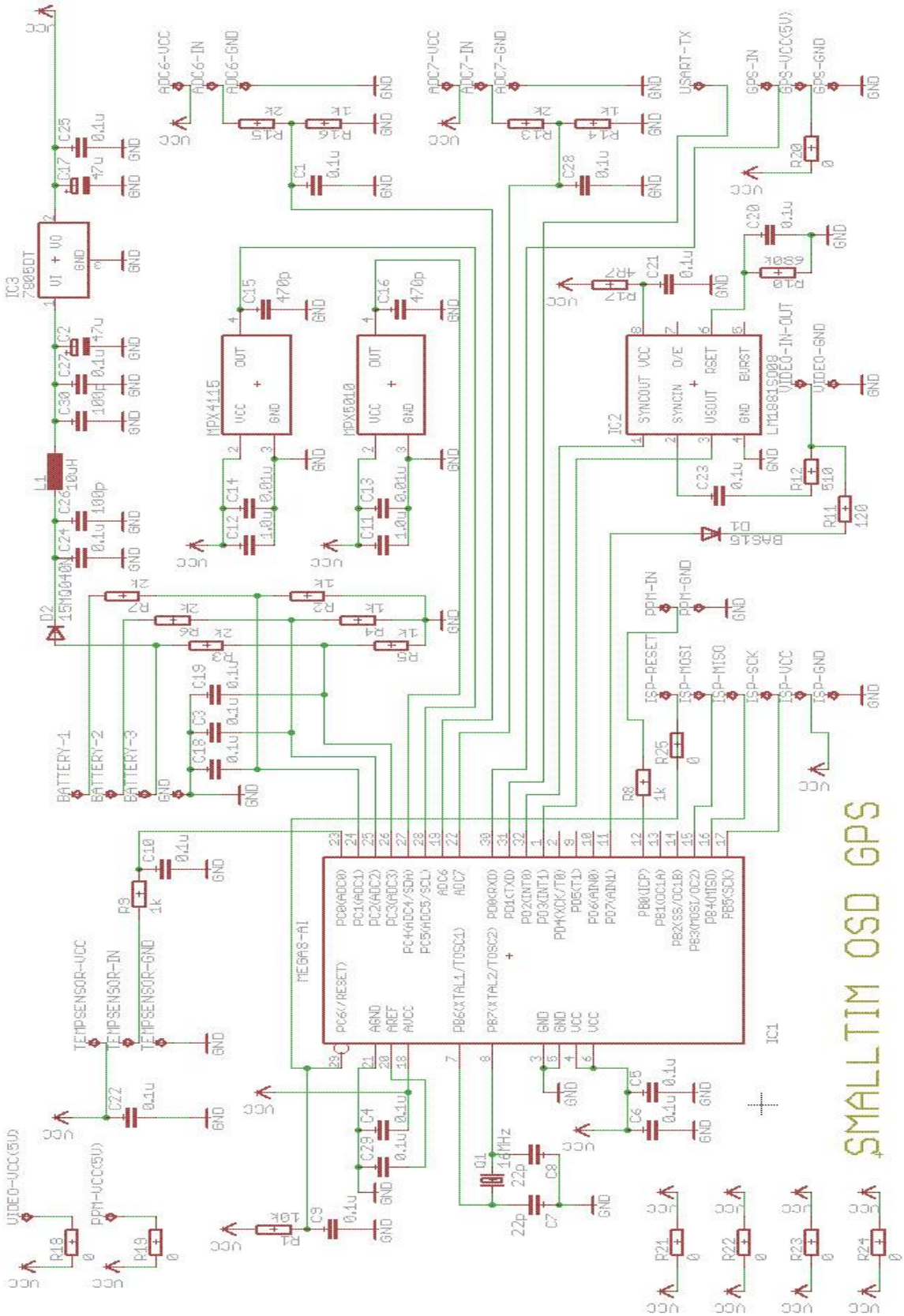
9: Земля

10: Питание программатора (+5В)

Распайка элементов



Схема


SMALLTIM OSD GPS
ATMEGA8-AI
IC1
LM1881SOO8
IC2
7805DT
IC3
MPX4115
MPX6010
BATTERY-1
BATTERY-2
BATTERY-3
TEMPSENSOR-VCC
TEMPSENSOR-IN
TEMPSENSOR-GND
VIDEO-VCC(5V)
PPM-VCC(5V)
ADC6-VCC
ADC6-IN
ADC6-GND
ADC7-VCC
ADC7-IN
ADC7-GND
USART-TX
GPS-IN
GPS-VCC(5V)
GPS-GND
PPM-IN
PPM-GND
ISP-RESET
ISP-MOSI
ISP-MISO
ISP-SCK
ISP-VCC
ISP-GND
VIDEO-IN-OUT
VIDEO-GND
GND