

Описание схемотехники GPS-трекера и рекомендации по его изготовлению

Document Title:	Описание схемотехники GPS-трекера
Revision:	1.00 RU
Date:	2012-08-29
Status:	Draft
Document Control ID:	HWdesign_V1.1

В данном документе описана схемотехника GPS-трекера и 2-х вариантов таймера и приводятся рекомендации по их «домашнему» изготовлению.

Внимание! Автор не является профессионалом в области проектирования Hardware. Схемотехника трекера представлена как ориентировочная и была разработана исключительно для отладки программного обеспечения. Тем не менее, данное решение вполне работоспособно, прошло тестирование и может быть рекомендовано для “домашнего” изготовления. При серийном изготовлении схемотехника должна быть скорректирована с учетом особенностей производства и условий будущей эксплуатации. При необходимости адаптации Firmware обращайтесь к автору (MailTo: gegelcopy@ukr.net ; gegelcopy@rambler.ru)

I. Трекер

1. Общее описание:

GPS-трекер схемотехнически максимально бюджетный и прост в изготовлении, т.к. не содержит микроконтроллера. Пользовательская программа, обеспечивающая реализацию продвинутых функций трекера, дозаливается непосредственно в GSM-модуль, где выполняется средствами штатного 32-битного ARM7 процессора в отдельном потоке. Кроме того, используется внутренняя файловая система модуля на базе встроенной NOR-флеш, внутренняя RAM и аналоговые цепи. Т.о. обеспечивается продвинутый функционал и высокая надежность при простоте схемотехники.

Основными узлами трекера являются **GSM-модуль M12-32** (цена 13-14\$) и **GPS-модуль L10** (цена 10-11\$) от **Quectel**. Обвязка представлена бюджетным линейным стабилизатором **LM317** в стандартном включении, держателем SIM-карты, транзисторными ключами коммутации внешних цифровых входа и выхода и фильтром аналогового входа АЦП. Имеются два индикаторных светодиода (GPS и GSM) и установленный на плате разъем DB9 для подключения трекера к объекту и сервисного обслуживания (смены программного обеспечения и параметров настройки через сервисный кабель и COM- или USB-порт компьютера).

2. Печатная плата

спроектирована для “домашнего” изготовления (минимальное расстояние между дорожками 1 мм) размером 50*85 мм, двухсторонняя, содержит 30 отверстий (из них 8 на необязательный разъем таймера, 2 – необязательные разъемы антенн, 7 переходных).

3. Список комплектующих:

Обозначение	К-во	Номинал	Корпус	Поставщик	Примечание
M12	1	M12-N32	Quectel	rainbow-m2m.com.ua	64 pin 29*29mm, шаг 1.3mm
L10	1	L10	Quectel		28 pin 22*17mm, шаг 1.1mm
IC1	1	LM317	TO252	elcom.zp.ua	
Q1,Q2	2	NPN	SOT23		
E1-E4	4	ESD-protect	SOD80C		
LED1,2	2		3mm		
R1,2,3	3	22	R0805		
R7	1	240			
R8,9	2	510			
R4,5,13,14	4	1K			
R12	1	5K6			
R6	1	47K			
R15	1	220K			
C6,10	2	M10	C0805		
C2,3	2	1M0			
EC5	1	1000,0	TT2D4L		
EC1	1	2200,0	TT5D10L		
X1	1	SIM	SIM0125	microchip.com.ua	держатель SIM-карты
X4	1	Female	F09D	elcom.zp.ua	
SV1	1	Female	FE08-1		при использ. внешн. таймера
X2,3	2	Female ВЧ	BU-SMAH	microchip.com.ua	при использ. внешн. антенн

4. Описание узлов:

1. **GSM-модуль Quectel M12N32** является центральным узлом трекера и обеспечивает работу пользовательской программы. Номинальное напряжение питания – 4.2В, средний потребляемый ток в режиме активности – до 200 мА. Основное требование к цепям питания – при импульсном потреблении до 1.5А тока не допустить просадки напряжения менее 3.8В, иначе модуль перезапустится. Необходимы керамические конденсаторы емкостью 2 - 4 мкф непосредственно у входа питания модуля.

Бекап-питание 3.3В (потребление 4 мкА) обеспечивает работу внутренних часов модуля и автоматическое включение по программно предустановленному будильнику. Напряжение обычно подается с модуля таймера, но можно использовать стандартную компьютерную батарейку на 3В. Цепи бекап-питания M10 и L10 объединены.

Антенный выход модуля имеет волновое сопротивление около 50 Ом и работает на частотах 900 и 1800 МГц (в зависимости от типа соты). В качестве

антенны могут быть использованы как любая стандартная внешняя GSM-антенна, так и суррогатные: спирали, отрезки провода различной конфигурации, антенны на печатной плате и т.п. Предпочтительным является отрезок провода диаметром 1 мм и длиной 80 мм, запаянный непосредственно у антенного выхода модуля и расположенный в сторону от платы (четвертьволновый штырь для GSM900).

Держатель SIM-карты желательно располагать непосредственно у модуля. Токоограничивающие резисторы в принципе не обязательны. По правилам требуются также защитные диоды на ножках SIM-держателя, но если проявлять антистатическую аккуратность при введении карты (а это не так часто делается), то их можно опустить.

Программирование модуля осуществляется по линиям RX-TX на скорости 115200. Модуль использует логические уровни 2.8В, но вполне толерантен к 3.3В логике. В качестве сервисного кабеля можно использовать TTL-RS232 шнур на ST3232 (с питанием 3.3В) или TTL-USB-шнур на PL2303 (например, USB-кабель для старых моделей телефонов Siemens).

2. **GPS-модуль Quectel L10** обеспечивает прием GPS-сигналов, обработку и передачу NMEA-посылок на модуль M12 (на скорости 9600). Потребление модуля около 40 мА в режиме трекинга и до 50 мА после включения, время холодного старта до 1 мин. Напряжение питания около 3.5В получаем из питания модуля M12 (4.2В) путем использования последовательного кремниевого диода (НЕ ШОТТКИ!) с падением напряжения на переходе около 0.7В.

Бекап-питание 3.3В (потребление 4 мкА) обеспечивает быстрый (до 2 сек) старт (фиксацию спутников) в случае, если со времени последнего включения прошло не более 2 ч. Напряжение обычно подается с модуля таймера, но можно использовать стандартную компьютерную батарейку на 3В. Цепи бекап-питания M10 и L10 объединены.

Цепь отключения используется для программного отключения модуля L10 (остаточное потребление 2 мА).

Светодиодный индикатор указывает состояние фиксации: постоянное свечение – поиск, пульсация 1 сек – координаты определены.

В качестве GPS-антенны может быть использована как стандартная активная (питание подается из модуля L10) или пассивная антенна, так и суррогаты: квадраты над платой, отрезки проводов различной конфигурации и т.п. Тестировалась и дала прекрасные результаты GPS-антенна в виде отрезка провода диаметром 1 мм и длиной 50 мм (четвертьволновый штырь), запаянная непосредственно у антенного входа модуля L10 и расположенная от платы перпендикулярно GSM-антенне. Наводки от GSM практически не отображаются на работоспособности GPS, т.к. активность GSM (отправка данных) периодична и разнесена во времени с получением GPS-информации.

Программа трекера полностью совместима и с другими GPS-модулями, от разных производителей и с разными чипсетами, совместимые по напряжению питания и логическим уровням. Единственное требование – использование по умолчанию NMEA-протокола, наличие GPRMC пакета и скорость обмена 9600 бод. Например, трекер тестирован и показал прекрасные результаты с GPS-модулем SSF1919P (SirfIII, поставка microchip.com.ua) размером 19*19мм, потреблением 30 мА, со встроенной керамической антенной.

3. **Линейный стабилизатор напряжения на LM317** обеспечивает выходное напряжение 4.2В при постоянном токе до 500мА и импульсной нагрузке до 2А. Входное напряжение 7-12В. Даная схема выбрана как бюджетная для использования в автомобильном варианте трекера. Более дорогим решением есть импульсный стабилизатор на LM2576, преимуществами которого есть более низкое входное напряжение (от 5В), лучший температурный режим (важно при эксплуатации в условиях жаркого климата), более высокий КПД (важно при автономном питании) и возможность отключения (нет необходимости использовать ключ питания в схеме таймера). Использование импульсного стабилизатора протестировано и практически не дает помех на тракты GPS и GSM даже без использования экранировки.

Кроме того, трекер может питаться от стандартного LiIo аккумулятора 4.2В от 800 мА*ч, при этом элементы IC1, R7, R8 необходимо исключить, а в переключателе питания установить перемычку 2-3. Также в таком случае необходимо предусмотреть внешние цепи контроля зарядки аккумулятора (т.к. модуль M12 не имеет внутреннего контроллера зарядки LiIo).

4. **Цепи согласования** необходимы для подключения трекера к цепям автомобиля. Используется цифровой вход в виде транзисторного ключа, открывающегося внешним напряжением 12В (например, цвет огонька такси), цифровой выход в виде транзисторного ключа с открытым коллектором (например, для управления реле блокировки двигателя) и аналоговый вход от 0 до 12В с сопротивлением около 200К и RC-фильтром с временной составляющей около 5 сек (например, для снятия показаний об уровне топлива с штатного датчика). Также предусмотрена тревожная кнопка (на замыкание), обеспечивающая звонок на заданный номер и вход тревоги, обеспечивающий включение трекера из спящего режима (при использовании таймера) напряжением 12В (например, подключается к лампочкам освещения салона на открывание дверей).

II. Таймер (вариант для автомобильного трекера)

1. Общее описание

Таймер является необязательным узлом трекера, подключается к основной плате трекера с помощью 8-pin разъема и выполняет следующие функции:

- *коммутирует питание* трекера (+12V), обеспечивая режим максимального энергосбережения и “тишины” эфира;
- контролирует наличие 50 мс меандра, генерируемого модулем M12 при нормальной работе внутренней программы, и обеспечивает перезапуск трекера при его отсутствии (*внешний WatchDog*), исключая тем самым “подвисание” трекера (хотя данная ситуация практически невероятна, т.к. модуль M12 имеет внутренний WatchDog, гарантированно перезапускающий модуль во внештатных ситуациях);
- обеспечивает отключение питания трекера (по команде с модуля M12) и его *включение через заданный промежуток времени* (от 10 мин до 24 часов);

- обеспечивает *включение модуля* при кратковременном появлении 12В на входе «Тревога».

На плате таймера может быть установлен **акселерометр**, выполняющий функции детектора движения, при этом таймер дополнительно :

- передает модулю M12 информацию о наличии движения, обеспечивая режим работы «отключение без движения» через заданный интервал времени покоя (от 1 мин до 60 мин);
- включает ранее отключенный модуль при наличии движения, обеспечивая режим «трекинг при движении» (алгоритм включения: после первичного движения выдерживает паузу 2 сек, в течение которой игнорирует движения, затем в течение последующих 2-х сек при любом движении включает модуль; иначе возвращается в дежурный режим);
- обрабатывает «мертвый» интервал нечувствительности к движению после отключения (от 1 до 60 мин).

В автомобильном варианте м таймера предусмотрена регулировка чувствительности детектора движения, что дает возможность использовать трекер в качестве автомобильной охранной системы.

В таймере использованы недорогие комплектующие: микроконтроллер **PIC12F629** (1\$), линейный стабилизатор **78L33** (0.1\$), транзисторный коммутатор питания (мощный pnp или p-каналный полевой и маломощный pnp транзисторы, в сумме 0.5\$) и опционно акселерометр **MMA7361** (2.7\$).

2. Печатная плата

Спроектирована для “домашнего” изготовления (минимальное расстояние между дорожками 0.5 мм для акселерометра и 1 мм для остальных комплектующих) размером 27.5*30 мм, двухсторонняя (bottom-слой – цельная земля, исключая место установки разъема) , содержит 14 отверстий (из них 8 на разъем и 6 переходных на GND).

3. Список комплектующих:

Обозначение	К-во	Номинал	Корпус	Поставщик	Примечание
IC1	1	PIC12F629	SO8	microchip.com.ua	
IC2	1	MMA7631	LGA14	rainbow-m2m.com.ua	необязательно
IC3	1	78L33	SOT89	elcom.zp.ua	
Q2	1	NPN	SOT23		
Q1	1	PNP power	SOT223		
E1	1	ESD-protect	SOD80C		
R2	1	2M2 trim	RTRIM3314J		
R5	1	720	R0805		
R4,7	2	1K			
R3	1	3K3			
R6	1	4K3			
R1	1	220K			
C4	1	6n8	C0805		
C1,3	2	M10			
EC2	1	10.0	C2012		
SV1	1	Male	MA08-1		

4. Описание узлов:

1. **Микроконтроллер PIC12F629** является центральным узлом таймера и обеспечивает его функционал. Микроконтроллер программируется с помощью специального простейшего программатора (например, программатор **JDM** на 2-х транзисторах, использующий COM-порт компьютера) и программирующей утилиты (например, **WinPic**) до монтажа на плату (или после монтажа единственного микроконтроллера путем подпайки программатора 5-ю проводами соответственно подключению PIC12, см. схему программатора). К сожалению, минимизация размеров платы не позволила реализовать возможность перепрошивки микроконтроллера без выпайки из готовой платы.

При отключенном питании модуля микроконтроллер находится в спящем режиме, просыпаясь по внутреннему WDT с периодом 2.3 сек для подсчета тиков времени. Т.о. обеспечивается минимальное энергопотребление менее 10 мкА.

***Внимание!** Т.к. внутренний WDT использует неточный RC-генератор, то периоды времени включения трекера и «мертвого» интервала детектора движения являются неточными и зависят от напряжения питания, и температуры окружающей среды (ошибка может достигать 50%). Для задачи таймера это не является критичным, но при необходимости можно включать трекер, используя программируемый будильник модуля M12 (задав время перед отключением), а интервал таймера установить заведомо больше и использовать последний для обеспечения аварийного включения при каких-либо сбоях установок будильника модуля M12.*

Встроенный компаратор микроконтроллера обеспечивает обработку аналоговых выходных сигналов акселерометра и детектирует движение объекта. Вход тревоги используется для включения трекера при кратковременном появлении 12В на нем и содержит делитель напряжения и защитный диод. При наличии постоянного уровня 12В на данном входе команды от модуля M12 на отключение трекера будут игнорироваться микроконтроллером.

2. **Линейный стабилизатор** напряжения выполнен на бюджетной микросхеме **78L33** и формирует бекап-напряжение питания узлов трекера в спящем режиме. Суммарный потребляемый ток не превышает 3 мА в любых режимах.

3. **Коммутатор питания** выполнен на бюджетных биполярных транзисторах (маломощном n-p-n и мощном p-n-p) транзисторах и обеспечивает коммутацию напряжения 12В до подачи его на стабилизатор трекера. Максимальный постоянный ток в данной цепи не превышает 500мА. Падение напряжения на включенном коммутаторе не критично, т.к. 12В много больше напряжения питания модуля M12 (4.2В).

При использовании других вариантов питания возможно применение других коммутаторов: с р-канальным полевым транзистором Q1, специализированной микросхемы (это решение использовано в батарейном варианте таймера), твердотельного реле, обычного реле и т.п. Также возможно непосредственное управление стабилизатора трекера логическим уровнем от микроконтроллера (например, при использовании стабилизатора LM2376).

***Внимание!** по умолчанию прошивка микроконтроллера настроена на включение питания высоким уровнем на его выходе. При необходимости*

включения низким уровнем необходимо изменить байт прошивки по заданному адресу перед программированием микроконтроллера (подробнее смотри описание на прошивки микроконтроллеров таймеров).

4. **Акселерометр** используется в качестве детектора движения объекта, в рабочем режиме потребляет ток около 400 мкА. На аналоговых выходах формируется напряжение пропорционально ускорению отдельно по трем осям (800 мВ/g, половина питания для 0g, выходное сопротивление 35 КОм, постоянная времени 3 мсек). В данном варианте используются только данные двух осей X и Y, чего достаточно для уверенного детектирования перемещения объекта, качения или удара. Динамическая разница между показателями X и Y обрабатывается встроенным компаратором микроконтроллера. RC-фильтр на входе компаратора обеспечивает фильтрацию частоты внутреннего ШИМ акселерометра, а с помощью подстроечного резистора устанавливается напряжение смещение между входами компаратора, что определяет порог его срабатывания.

Монтаж корпуса LGA14 требует паяльной станции и соответствующего навыка. Для обеспечения шаг выводов около 0.5 мм необходима повышенная точность и качество изготовления печатной платы.

Узел акселерометра является необязательным, при его отсутствии выводы 6 и 7 микроконтроллера необходимо соединить с GND (вывод 8).

III. Таймер (вариант для батарейного трекера)

1. Общее описание

Спроектирован для достижения максимального энергосбережения с целью достижения длительной (до месяца) работоспособности трекера от LiPo батареи в дежурном режиме.

2. Основные отличия от автомобильного варианта таймера:

- вместо транзисторного ключа питания используется специализированный MOSFET ключ типа **TPS2015**, обеспечивающий коммутацию тока до 2А, управление логическим уровнем (включается уровнем 0) и ток потребления в отключенном режиме 10 мкА;
- вместо бюджетного линейного стабилизатора используется стабилизатор **MCSP1701** с низким падением напряжения (250 мВ) и низким потребляемым током (2 мкА);
- используется миниатюрный бюджетный микроконтроллер **PIC10A200** (\$0.35) без компаратора, обеспечивающий ток потребления до 2-3 мкА в режиме отключенного трекера;
- акселерометр не использует обработку аналоговых сигналов компаратором, а формирует сигнал высокого уровня «свободное падение» при нулевом ускорении по всем трем осям одновременно. Для компенсации земной гравитации используется режим “Self Test”, в котором ускорение в 1g компенсируется электрическим полем по оси Z. Таким образом, в такой реализации чувствительность акселерометра будет зависеть от его положения и является максимальной при размещении его в плоскости земли контактами кверху. Данное решение непригодно для точного детектора

движения, но выполняет задачу грубого детектора движения/покоя для грубого определения активности объекта и автоматического включения трекинга в движении;

- отсутствует вход «Тревога». Микроконтроллер имеет единственный вход, логика работы которого может быть определена как у входа «Тревога» автомобильного варианта (немедленное включение при поступлении высокого уровня и блокировка отключения высоким уровнем), так и у входа «Детектор движения» (используется алгоритм обработки, как у автомобильного трекера через вход компаратора). Выбор требуемого функционала производится путем изменения (патча) прошивки микроконтроллера перед его программированием (подробнее смотри описание на прошивки для таймеров). По умолчанию в прошивке установлен вариант для детектора движения.

Как и в автомобильном варианте, акселерометр является необязательным. При его отсутствии вход б микроконтроллера необходимо соединить с землей. Также возможно установить режим «Тревога» для входа и использовать его для включения внешним входным напряжением, добавив делитель напряжения и защитный диод, как в автомобильном варианте. Общий ток потребления батарейного варианта таймера без акселерометра составляет менее 20 мкА, с акселерометром – 420 мкА. Т.о., суммарное потребление трекера без акселерометра может составить менее 30 мкА (с учетом токов потребления цепей бекап-питания модулей M12 и L10), чего достаточно для поддержки жизнеспособности трекера в течение месяца с ежесуточной однократной передачей пакета данных при использовании аккумулятора емкостью 800 мА*ч.

Внимание! По умолчанию прошивка микроконтроллера PIC10F200 (файл *tmr10v11.hex*) настроена на включение уровнем 1. Для использования с коммутатором TPS2015 необходимо изменить ее для включения уровнем 0, изменив данные по указанному адресу (см. таблицу патчей) после загрузки прошивки в программатор перед ее заливкой в микроконтроллер.

3. Печатная плата

Спроектирована для “домашнего” изготовления (минимальное расстояние между дорожками 0.5 мм для акселерометра и 1 мм для остальных комплектующих) размером 20*24 мм, двухсторонняя (bottom-слой – цельная земля, исключая место установки разъема), содержит 13 отверстий (из них 8 на разъем и 5 переходных на GND).

3. Список комплектующих:

Обозначение	К-во	Номинал	Корпус	Поставщик	Примечание
IC1	1	PIC10F200	SOT23-6	microchip.com.ua	
IC2	1	MMA7631	LGA14	rainbow-m2m.com.ua	необязательно
IC3	1	MCP1701	SOT23-A	microchip.com.ua	
C1	1	M10	C0805	elcom.zp.ua	
C2	1	47.0	C2012		
SV1	1	Male	MA08-1		

IV. ПРИЛОЖЕНИЕ

1. Варианты установки перемычек управления питанием (см. схему трекера)

Тип питания	Наличие таймера	Перемычки	Примечание
Бортсеть 12В, подается на pin 7 X1	Нет	1-2	
	Автомобильный вариант таймера	1-4	
	Автомобильный вариант таймера, режим прошивки и конфигурирования трекера	дополнительно 1-2	
LiIo аккумулятор 4.2В, подается на pin 7 X1	Нет	1-2 и 1-3	Элементы IC1, R7, R8 не установлены. EC1=47 мкФ
	Батарейный вариант таймера	1-4 и 3-4	
	Батарейный вариант таймера, режим прошивки и конфигурирования трекера	дополнительно 1-2	

2. Подключение программатора (см. схему программатора jd_1.jpg)

Сигнал	Контакт разъема программатора	Вывод PIC12F629 (SO8)	Вывод PIC10F200 (SOT23-6)
VDD	1	1	5
VPP	4	4	6
CLK	16	6	3
DAT	17	7	1
VSS	18	8	2

3. Патчи прошивок (подробнее см. описание прошивок)

Прошивка	Адрес	Значение	Функция
tmr12V11.hex	0x00D	0x1D03 (по умолч.)	Выход управления блоком питания: 1 – питание вкл, 0-питание откл.
		0x000 (патч)	Инверсия: 1 – питание откл, 0-питание вкл.
tmr10V11.hex	0x00D	0x743 (по умолч.)	Выход управления блоком питания: 1 – питание вкл, 0-питание откл.
		0x000 (патч)	Инверсия: 1 – питание откл, 0-питание вкл.
tmr10V11.hex	0x05F	0xA63 (по умолч.)	Вход тревоги / акселерометра: режим «детектор движения» (включение трекера при повторном изменении состояния входа в течение 3-й - 4-й секунд после первого изменения состояния входа)
		0x000 (патч)	Режим «тревога» (включение трекера при установке 1 и блокировка отключения при наличии 1 на входе).