

# Датчик скорости на ИК-лучах.

Аннотация.

В статье описан прибор для измерения скорости движущихся предметов с помощью датчика на инфракрасных (ИК) лучах. Достоинством прибора является надёжность, удобство управления, а также удобное для восприятия отображение информации с помощью знаковосинтезирующих индикаторов.

## 1. Вступление.

Привет всем гаусс-ганерам! Эта статья посвящена вопросу измерения скорости снаряда с помощью ИК-датчика. Статья потребует знания электроники на уровне радиолюбительства и немного терпения, т. к. её объём довольно большой (за что заранее прошу прощения у читателей). Итак, приступим.

Принцип измерения скорости движущегося объекта с помощью ИК-датчика предельно прост и изображён на рис.1.

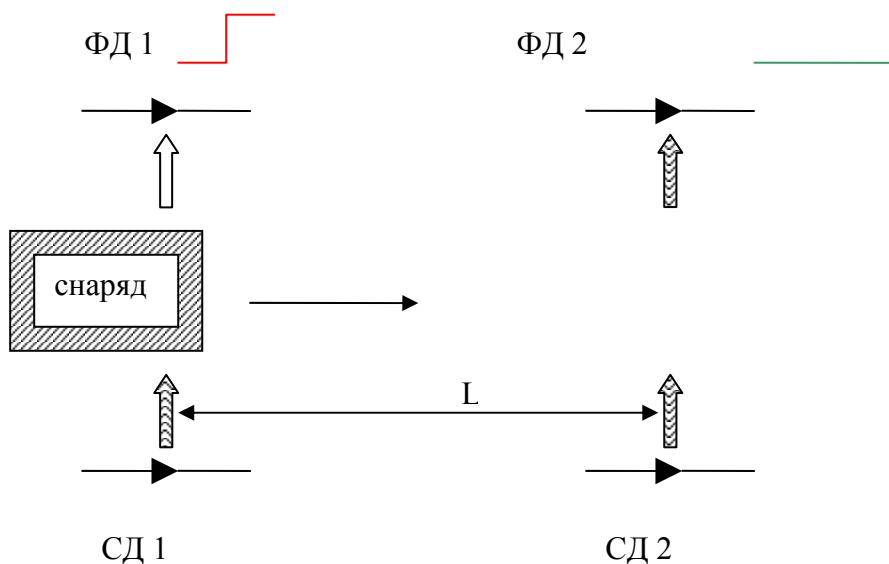


Рис. 1. Принцип измерения скорости движущегося объекта с помощью пар светодиод (СД)-фотодиод (ФД).

Две пары светодиод-фотодиод расположены друг напротив друга таким образом, что излучение от светодиода падает на соответствующий фотодиод. При пересечении снарядом ИК-луча\* сопротивление фотодиода резко меняется. Далее остаётся лишь зафиксировать моменты прохождения объектом первого и второго лучей, и вычислить скорость снаряда как  $V = L / t$ , где

$L$  – расстояние между лучами (база измерения),

$t$  – время между сигналами, снимаемыми с фотодиодов ФД1 и ФД2.

На практике, однако, такой метод встречает некоторые трудности, о которых (как и о методах их преодоления) будет сказано ниже.

Далее будет описываться ИК-датчик, построенный автором этой статьи. Конструктивно он разделен на 2 части: сенсорный блок на основе фотодатчиков, который вырабатывает первичный сигнал, и счётный блок, который обрабатывает данные, полученные от сенсорного блока, и отображает результаты этой обработки на семисегментных индикаторах.

Рассмотрим эти части по отдельности.

## 2. Сенсорный блок.

Основой этого блока, как уже указывалось выше, являются две пары СД-ФД, установленные на известном расстоянии друг от друга (в данном случае – 25 мм). Внешний вид блока показан на рис. 2, а электронная схема 9 (в упрощённом виде) – на рис. 3.

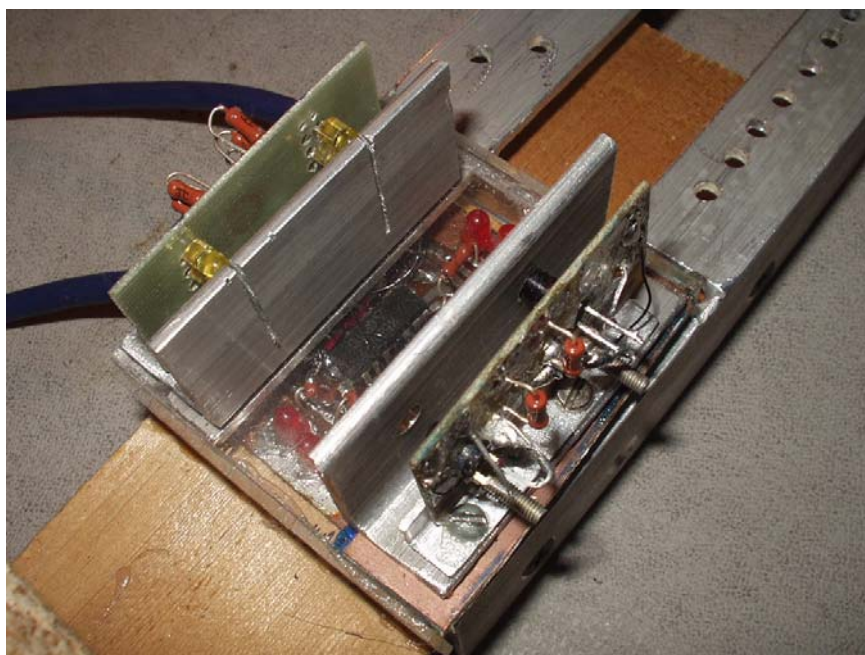


Рис. 2.  
Внешний вид  
сенсорного блока.

---

\* В принципе, светодиоды и фотодиоды могут быть и видимого диапазона, поэтому название «ИК-датчик» весьма условно. В описываемой схеме применяются именно ИК-диоды.

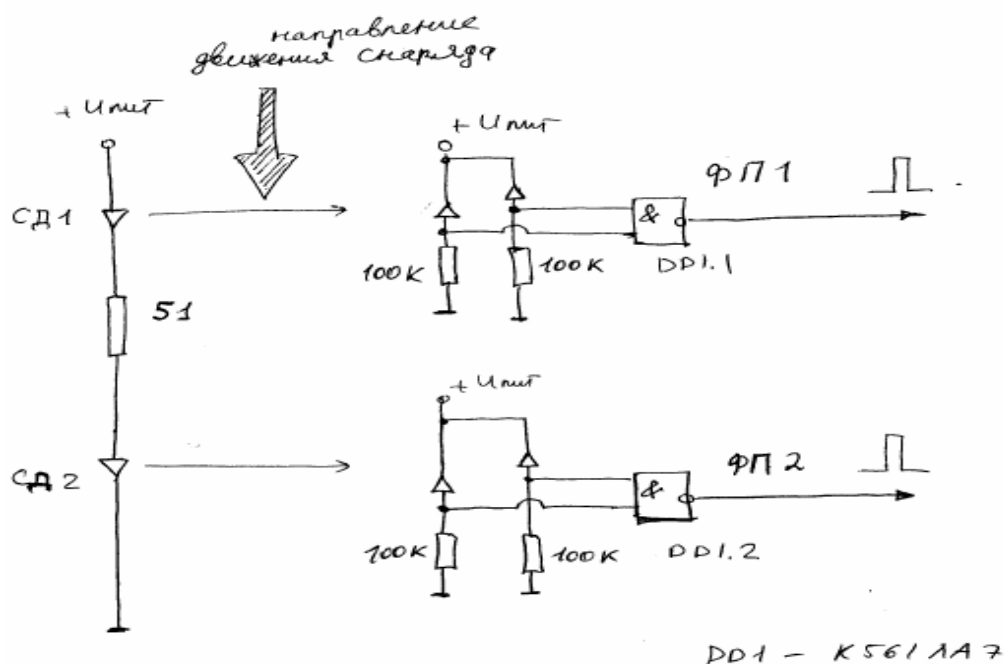


Рис. 3. Принципиальная схема сенсорного блока.  
 СД – АЛ 156, АЛ 107, АЛ 164 или любой другой ИК,  
 ФД – ФД-320, ФД-263.

При постоянной засветке фотодиодов (т. е. при отсутствии препятствия по ходу ИК-луча) напряжение на них мало (т. к. они включены в обратном смещении), на входах элементов DD1 и DD2 присутствует высокий уровень, а на выходах – низкий. При появлении препятствия (снаряда) напряжение на фотодиодах резко возрастает, что приводит к появлению на выходах DD1 и DD2 импульса высокого уровня. Этот импульс и является выходным сигналом сенсорного блока.

Как видно на рис. 2, фотодиоды установлены за своеобразной «ширмой» из алюминиевого уголка, в которой изготовлены лишь тонкие прорези напротив них. Это сделано с целью повышения точности измерений. В самом деле, т. к. и светодиод, и фотодиод имеют конечные геометрические размеры, то, если просто поставить их друг против друга, пространственная область чувствительности такой пары будет достаточно велика (см. рис. 4).

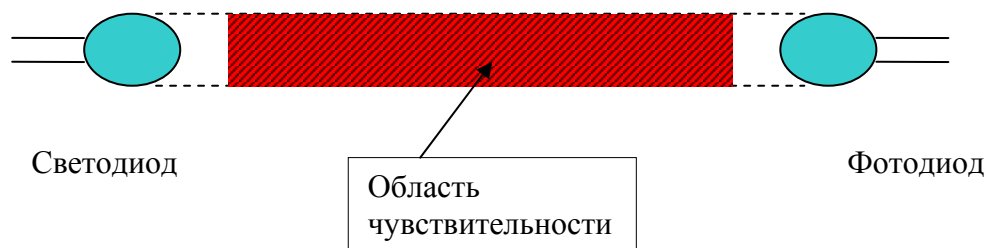


Рис. 4. Пространственная область чувствительности пары диод-светодиод без дополнительной диафрагмы.

Ясно, что идеальным с точки зрения точности будет случай, когда СД и ФД установлены за диафрагмами, имеющими очень малые отверстия. Именно по такому принципу я построил свой первый сенсорный блок (см. рис. 5).

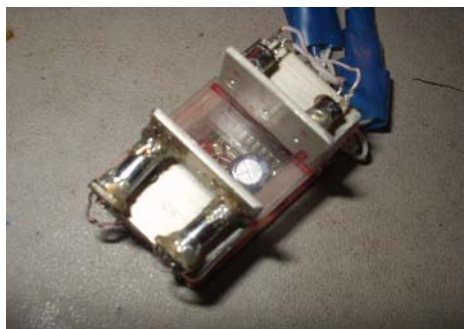


Рис. 5.

Первая модель сенсорного блока.

При его эксплуатации, однако, возникла проблема, связанная именно с очень малой областью чувствительности фотодиода. При малейшем отклонении траектории снаряда в вертикальной плоскости блок не срабатывал. Проблема становилась особенно серьёзной для малых калибров снарядов и при малых начальных скоростях. Выходом из этой ситуации стало изготовление отверстия в диафрагме для фотодиодов в виде вертикального пропила, а также (см. рис. 3) установка вдоль пропила двух фотодиодов вместо одного в каждой паре СД-ФД. При этом область пространственной чувствительности в вертикальной плоскости значительно расширилась, а в горизонтальной – осталась без изменения, что позволило сохранить высокую точность измерения.

Сенсорный блок смонтирован на стенде, внешний вид которого показан на рис. 6. В состав стенда также входят две направляющие, на которые жёстко крепится исследуемый образец гауссовки, и пулеулавливатель.

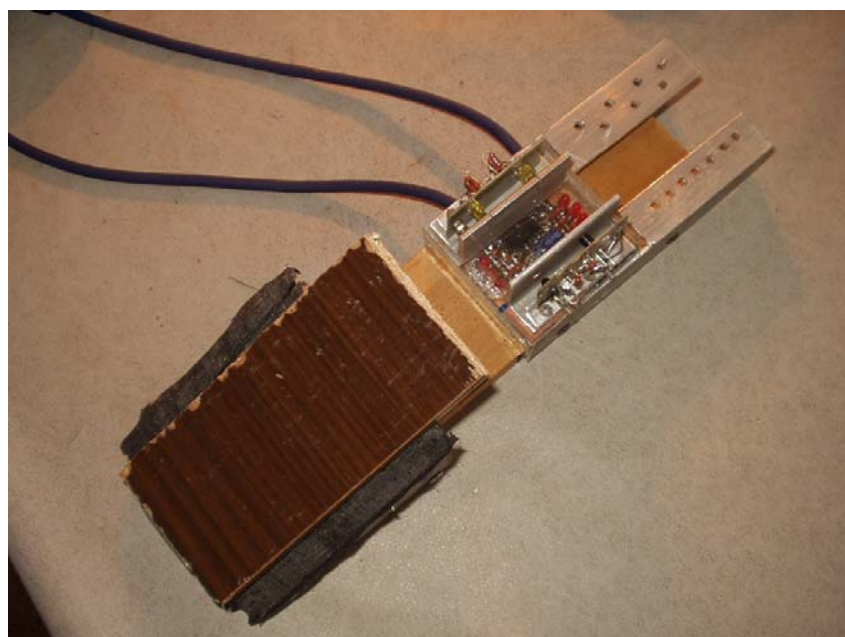


Рис. 6.

Внешний вид стенда с сенсорным блоком



По поступлении сигнала с ФП1 запускается одновибратор на DD1.3 и DD1.4 и через элемент DD2.2 разрешает поступление сигнала с опорного генератора на элементы индикации. Если за время более 9,99 мс не поступает сигнал с ФП2, то происходит переполнение счётчика DD6 (на схеме рис. 10, см. ниже). Сигнал с него запускает звуковой генератор DD3.2 и световую индикацию на переполнения на VD2 на время, определяемое постоянной R5C3. Для приведённых ниже номиналов эта постоянная равна около 0,5 сек. Сигнал переполнения также вырабатывает импульс сброса (через элемент DD4.1), который обнуляет счётчики блока индикации. Сброс может быть также осуществлён вручную путём нажатия кнопки S2. При поступлении сигнала от ФП2, а также при сбросе осуществляется принудительное переключение одновибраторов DD1.1 - DD1.2 и DD1.3 - DD1.4. При этом блок выходит из состояния готовности, прохождение сигналов от ФП1 и ФП2 запрещается, и счёт (т. е. поступление сигнала от опорного генератора на счётчики блока индикации) прекращается.

Ниже дана таблица номиналов элементов схемы. Замечу, что номиналы R7, C5, и R6, C4 определяют лишь высоту звучания соотв. сигналов и могут отличаться от указанных. В качестве звукоизлучателя, управляемого элементом DD3.3, используется маломощный пьезоизлучатель (такие часто используются в старых китайских телефонах в качестве звонка).

Элемент схемы	Номинал	Элемент схемы	Номинал
R1	10 кОм	C1	Hitano ELR (или EMRL), 10 В, 100 мкФ
R2	620 кОм		
R3	100 кОм	C2	0,33 мкФ
R4	510 Ом	C3	0,47 мкФ
R5	1,5 МОм	C4	10 нФ
R6	100 кОм	C5	10 нФ
R7	56 кОм	VT 1	КТ 315
R8	510 Ом	VT 2	КТ 361
R9	10 кОм	VD 1, VD 2	Любые видимого диапазона

### 3.2. Плата счёта и индикации.

На этой плате установлены элементы индикации (счётчики-делители, усилители и собственно индикаторы) и генератор опорной частоты. Последний представляет из себя обычный кварцевый генератор (см. рис. 8). Опорная частота работы всей схемы (т.е. частота,

с которой ведётся счёт) составляет 100 кГц, однако такого кварца под рукой не оказалось, и я использовал кварц на 1 МГц, а затем поделил частоту на 10 с помощью счётчика-делителя К176ИЕ2, включённого по схеме на рис. 9.

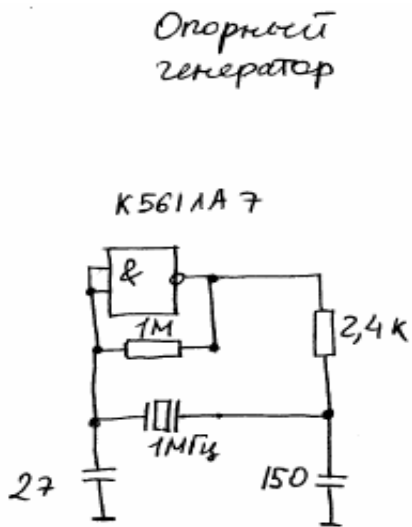


Рис. 8. Генератор опорной частоты.

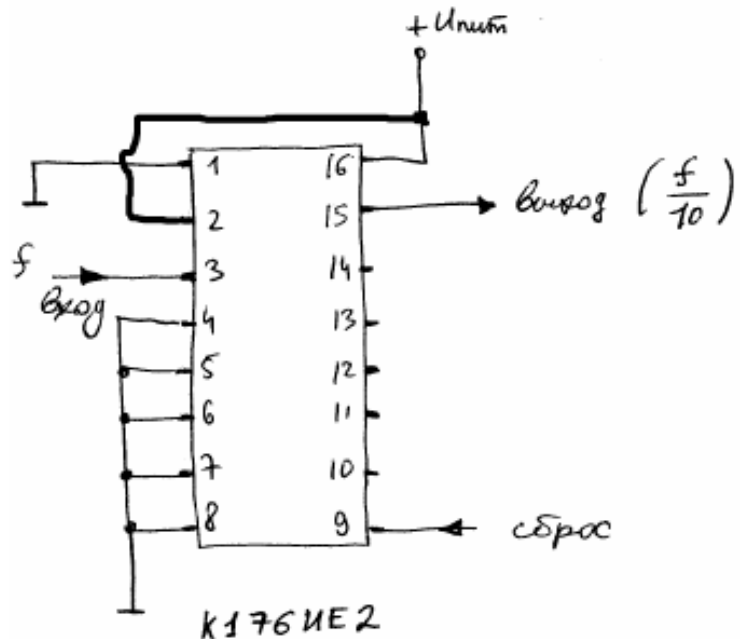


Рис. 9. Схема включения счётчика-делителя К176 ИЕ2

При разрешении счёта (см. выше) опорная частота поступает на управляющие элементы индикации (см. рис. 10).

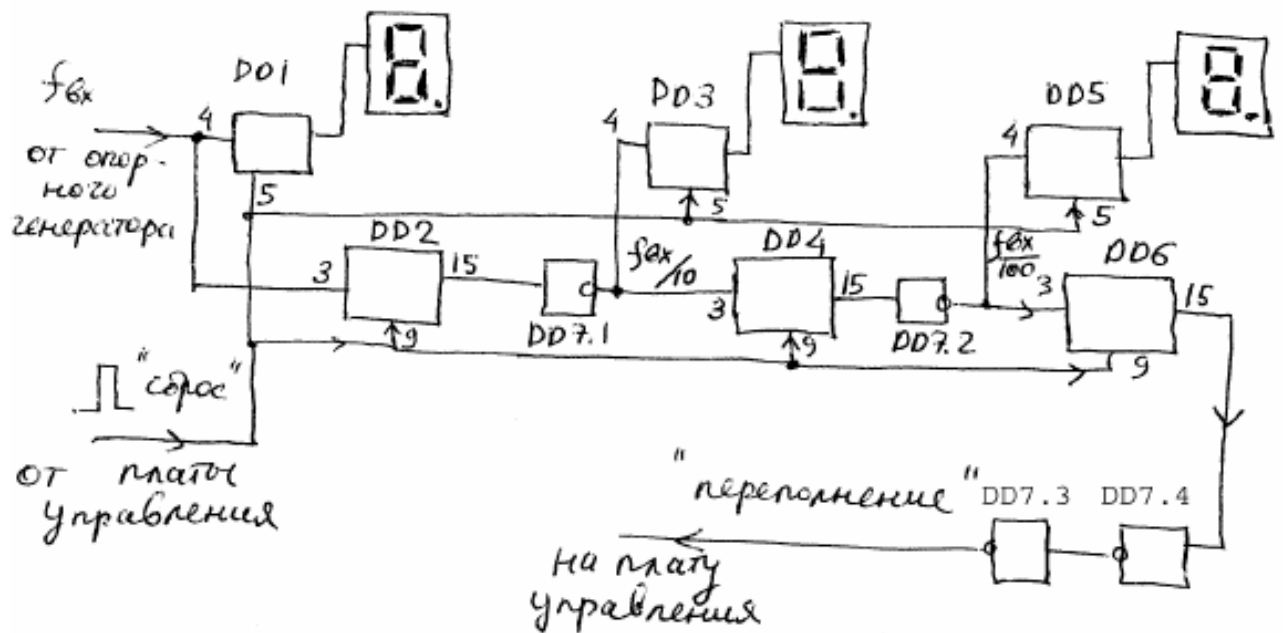


Рис. 10. Элементы индикации.

DD1, DD3, DD5 – К176 ИЕ4; DD2, DD4, DD6 – К176 ИЕ2; DD7 – К562 ЛН2.

Как видно, опорная частота последовательно делится на 10 и 100 с помощью делителей К176 ИЕ2 (схема их включения – такая же, как и на рис. 9). Последний делитель вырабатывает сигнал переполнения, который уходит на плату управления. Показания индикаторов в этот момент «9,99», т.е. с момента запуска счёта прошло 9,99 мс. Отсюда легко вычислить минимальную скорость снаряда, измеряемую при базе 25 мм:

$$V_{\min} = 25\text{мм} / 9,99\text{ мс} \approx 2,50\text{ м/с}.$$

Максимальная скорость, при которой сохраняется точность измерений в два знака, составляет  $V_{\max} = 25\text{мм} / 0,10\text{ мс} = 250\text{ м/с}$  – более чем достаточно для измерений параметров гауссовки.

Сигнал на знаковосинтезирующие индикаторы подаётся через дешифраторы К176 ИЕ4. Мощности этих КМОП-микросхем, однако, недостаточно, чтобы напрямую запитать светодиодные элементы индикаторов, поэтому сигнал усиливается с помощью транзисторов (см. рис. 11). На первом из индикаторов должна всё время гореть десятичная точка, поэтому вывод 9 этой ИС надо соединить через резистор с плюсом питания, как показано на рис. 11. На остальных двух индикаторах этот вывод остаётся свободным.

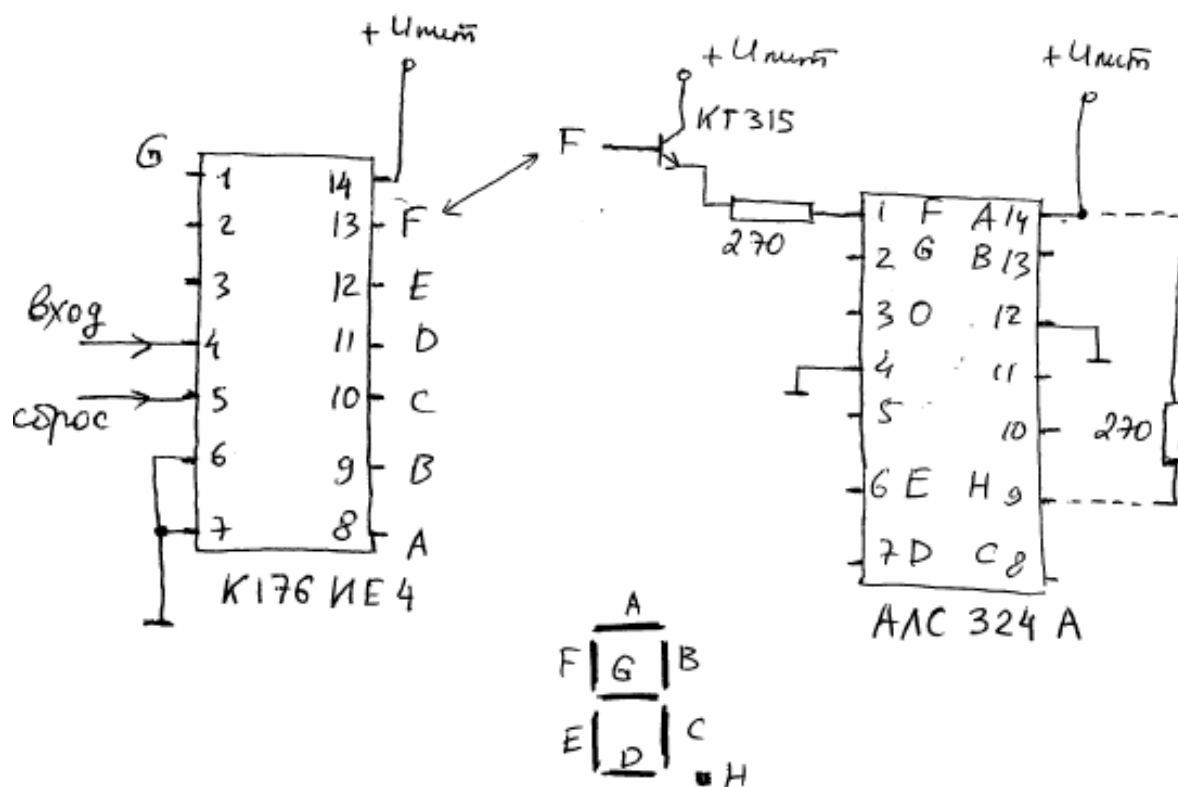


Рис. 11. Схема включения счётчика-дешифратора К176 ИЕ4 и знаковосинтезирующего индикатора.



Внешний вид блока счёта и индикации показан на рис. 12. Блок соединяется с сенсорной частью через разъём с помощью двух 2-жильных экранированных кабелей (как показала практика, при выстреле гауссовки возникают сильные наводки, поэтому экранирующая оплётка должна быть обязательно). Распайка следующая: первый кабель – 1 жила – сигнал с ФП1, 2 жила – «плюс» питания, оплётка – «земля»; второй кабель – 1 жила – сигнал с ФП2, 2 жила – «плюс» питания, оплётка – «земля».

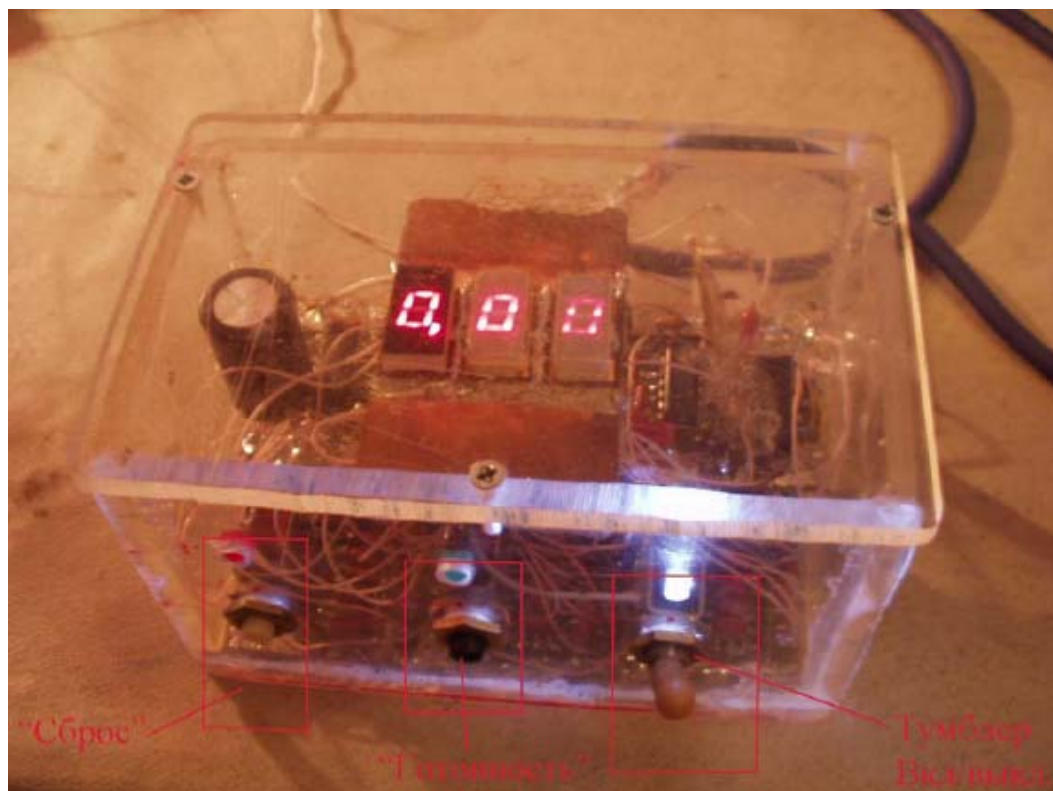


Рис. 12. Внешний вид блока счёта и индикации.

Замечу, что описанный блок счёта и индикации можно использовать и в любых других случаях, когда есть необходимость измерить интервал времени между двумя событиями, следующими друг за другом с малым интервалом времени.

Все элементы серии 176, приведённые на схемах, можно заменить на соответствующие ИС серии 561. Транзисторы КТ315 и КТ361 – с любым буквенным индексом. Индикаторы АЛС 324 можно заменить на АЛС 321 ил АЛС 338.

Напряжение питания схемы составляет 6 В, при этом потребляемый ток достаточно велик – около 250 мА, поэтому я питаю измеритель от сети через трансформатор и выпрямитель.

Описанное устройство было изготовлено около полугода назад, и за это время в его работе не произошло ни одного сбоя. В заключение ещё раз приведу данные ИК-датчика:

Диапазон измеряемых скоростей (точность 2-3 знака):	2,50 – 250 м/с
Номинальное напряжение питания:	6 В
Ток потребления:	≈ 250 мА

Мой e-mail: [eugmit@rambler.ru](mailto:eugmit@rambler.ru)

#### Список литературы.

1. Г. Шрайбер. «Инфракрасные лучи в электронике». Пер. с франц. – М.: ДМК Пресс, 2001.
2. Г. Шрайбер. «400 новых радиоэлектронных схем». Пер. с франц. – М.: ДМК Пресс, 2001.
3. Б.Л. Лисицын. «Низковольтные индикаторы». М.: Радио и связь, 1985.
4. В.Л. Шило. «Популярные цифровые микросхемы». Челябинск: Metallurgia, Челябинское отделение, 1988.