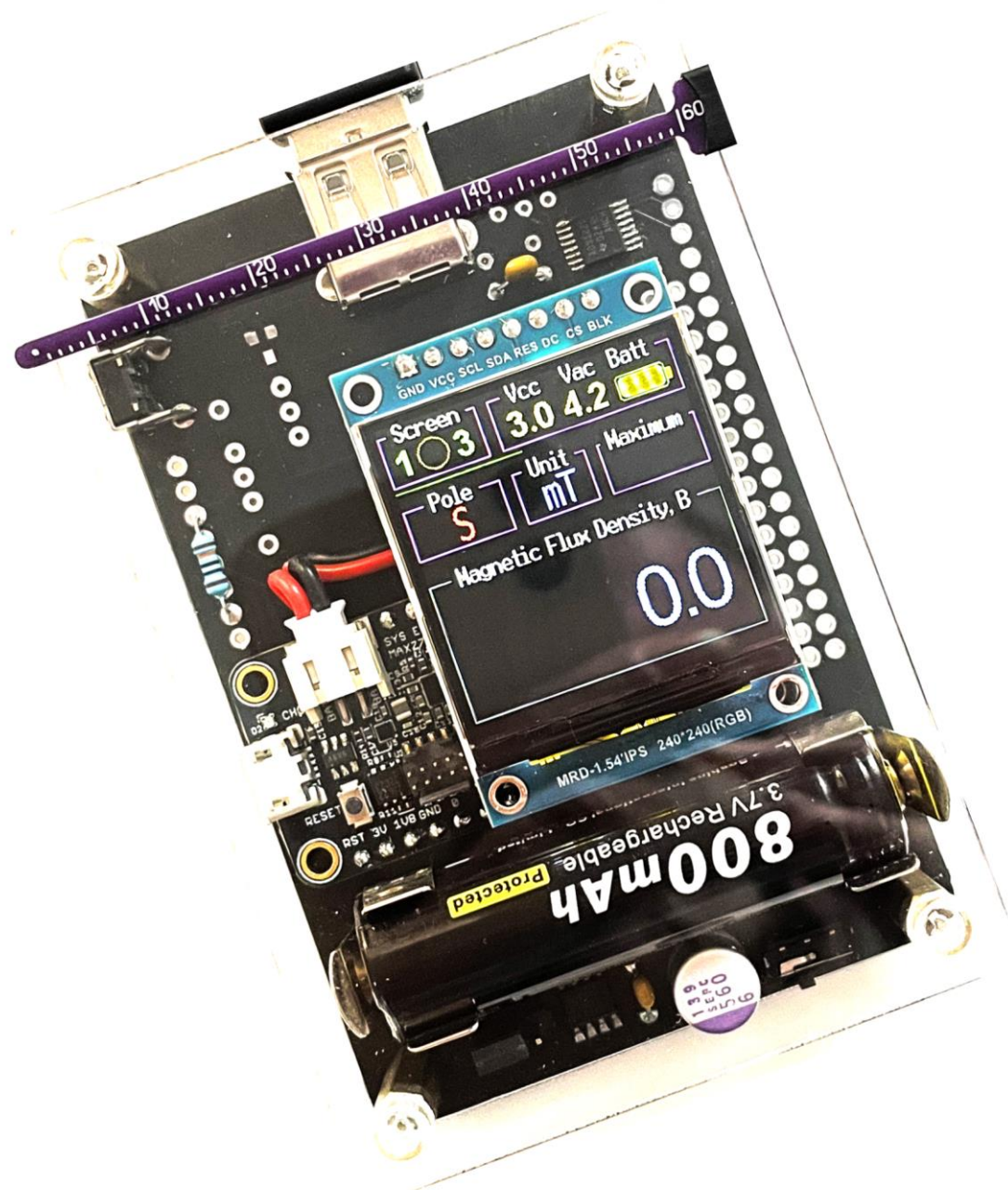


MTMAX24 – ПОРТАТИВНЫЙ МИЛЛИТЕСЛАМЕТР
С РАЗРЕШЕНИЕМ 24-БИТА НА ОСНОВЕ *MAX32620*
И *ADS1220* С ДАТЧИКОМ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И
СРЕДСТВАМИ ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ НА
КОМПЬЮТЕР



Оглавление

Введение	3
Основные технические характеристики	3
Конструкция и органы управления	4
Порядок работы	5
Элементы Холла для тесламетра	6
Дополнительные режимы работы.....	8
Основной экран тесламетра.....	8
Основные режимы нажатия кнопки	8
Вывод данных на компьютер и коэффициент пересчета от кода к полю	9
Дополнительные сведения	10
Особенности замены и обслуживания аккумулятора.....	12

Введение

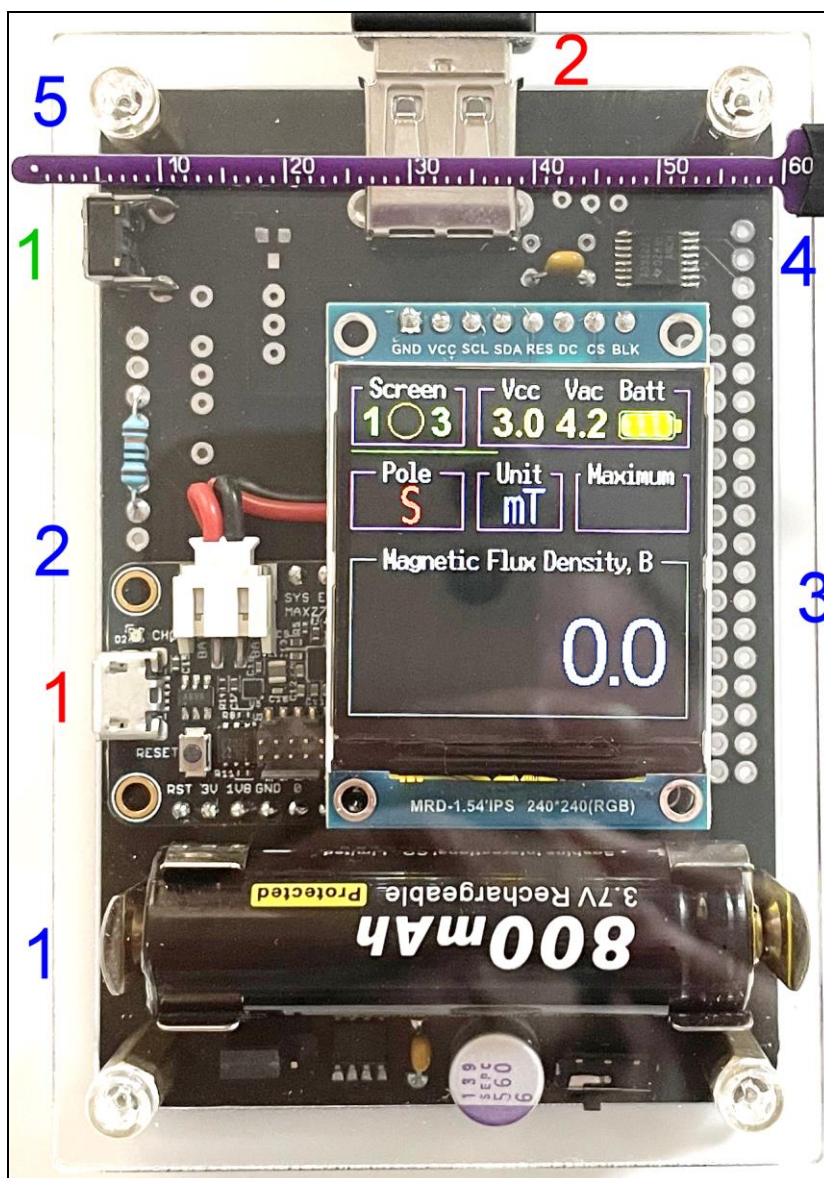
Портативный миллитесламетр (далее просто **тесламетр**) разработан для инженерно-технического персонала и предназначен для простого и удобного измерения **постоянных магнитных полей** на поверхности магнитов и в зазорах магнитных систем. Тесламетр является миниатюрным прибором со снимаемым зондом и может быть использован на рабочем месте в процессе контроля качества магнитов и магнитных систем. Тесламетр имеет широкий измерительный диапазон и высокую разрешающую способность, оборудован ярким IPS дисплеем и питается от одного перезаряжаемого литий-ионного аккумулятора типоразмера АА. В целях обеспечения точности и стабильности измерений проводится автокалибровка прибора, используются разнообразные математические методы статистической обработки. Для обеспечения длительной работы применены режимы энергосбережения микроконтроллера и всей электронной схемы.

В конструктивном исполнении тесламетр представляет собой одноплатное микроконтроллерное устройство с двумя защитными накладками из оргстекла.

Основные технические характеристики

❖ <i>Диапазон измерений:</i>	-2000 мТ – +2000 мТ
❖ <i>Погрешность измерений:</i>	± 2%
❖ <i>Разрешающая способность:</i>	0.1 мТ
❖ <i>Дисплей:</i>	IPS 1.54" графический 240 x 240
❖ <i>Частота обновления показаний:</i>	2.5 раза в секунду
❖ <i>Рабочая температура:</i>	+5 ~ +40°C
❖ <i>Источник питания:</i>	один элемент АА напряжением 3.7 В
❖ <i>Общие размеры:</i>	92 мм x 62 мм x 24 мм
❖ <i>Вес:</i>	90 г
❖ <i>Толщина зонда:</i>	~1 мм

Конструкция и органы управления



1. Аккумулятор *Li-Ion 3.7 V 800 (900) mAh AA*
 2. Микроконтроллерный модуль *MAX32620FTHR*
 3. Дисплейный модуль *1.54-inch RGB TFT IPS Display Module 240x240*
 4. Аналого-цифровой преобразователь *ADS1220IPWR*
 5. Измерительный зонд с элементом Холла
-
1. Разъем для подключения к компьютеру *Micro USB for PC*
 2. Разъем для подключения зонда *USB-type connector for Hall Probe*
-
1. Основное устройство управления *Tact Button*

Порядок работы

Открутив 4 пластиковых винта, снять верхнюю пластиковую накладку и установить (если уже не установлен) литий-ионный аккумулятор типоразмера AA с напряжением **3.7 – 4.2 В**. Строго соблюдать полярность подключения: слева **минус (-)**, справа **плюс (+)**. Прикрутить пластиковую накладку, стараясь не повредить пластиковые винты.

Вставить разъем кабеля с элементом Холла в гнездо **2** (*USB-type connector for Hall Probe*).

Нажатием кнопки **1** (*Tact Button*) включить тесламетр (кабель *Micro USB for PC* должен быть отключен). *При этом измерительный зонд должен находиться вдали от источников магнитного поля.* Прибор проведет установку нуля, проверит напряжение элемента AA и выходное напряжение внутреннего стабилизатора. Появление нулевого показателя на дисплее сигнализирует о готовности прибора к процессу измерений.

Поднесите измерительный щуп к источнику магнитного поля (будь то поверхность магнита или зазор магнитной системы). Цифры на индикаторе высветят величину магнитного поля в миллитесла.

Если магнитные измерения не проводились больше 5 минут, прибор переходит в режим энергосбережения (гасится вся индикация), опрашивая измерительный зонд каждые 2 секунды (при этом мигает светодиод). При появлении магнитного поля прибор переходит в нормальный режим работы. Если магнитные измерения не проводились больше 20 минут, прибор выключается.

При падении напряжения аккумулятора ниже **3.6 В** необходимо подключить гнездо **1** (*Micro USB for PC*) кабелем к функционирующему порту USB при включенном тесламетре. При этом будет производиться зарядка аккумулятора током **165 мА**.

В общем случае, никаких других операций для работы с прибором не требуется. Для получения дополнительной информации перейдите в раздел «Дополнительные режимы работы».

Элементы Холла для тесламетра

Элемент Холла является важнейшей частью измерительной магнитной системы.

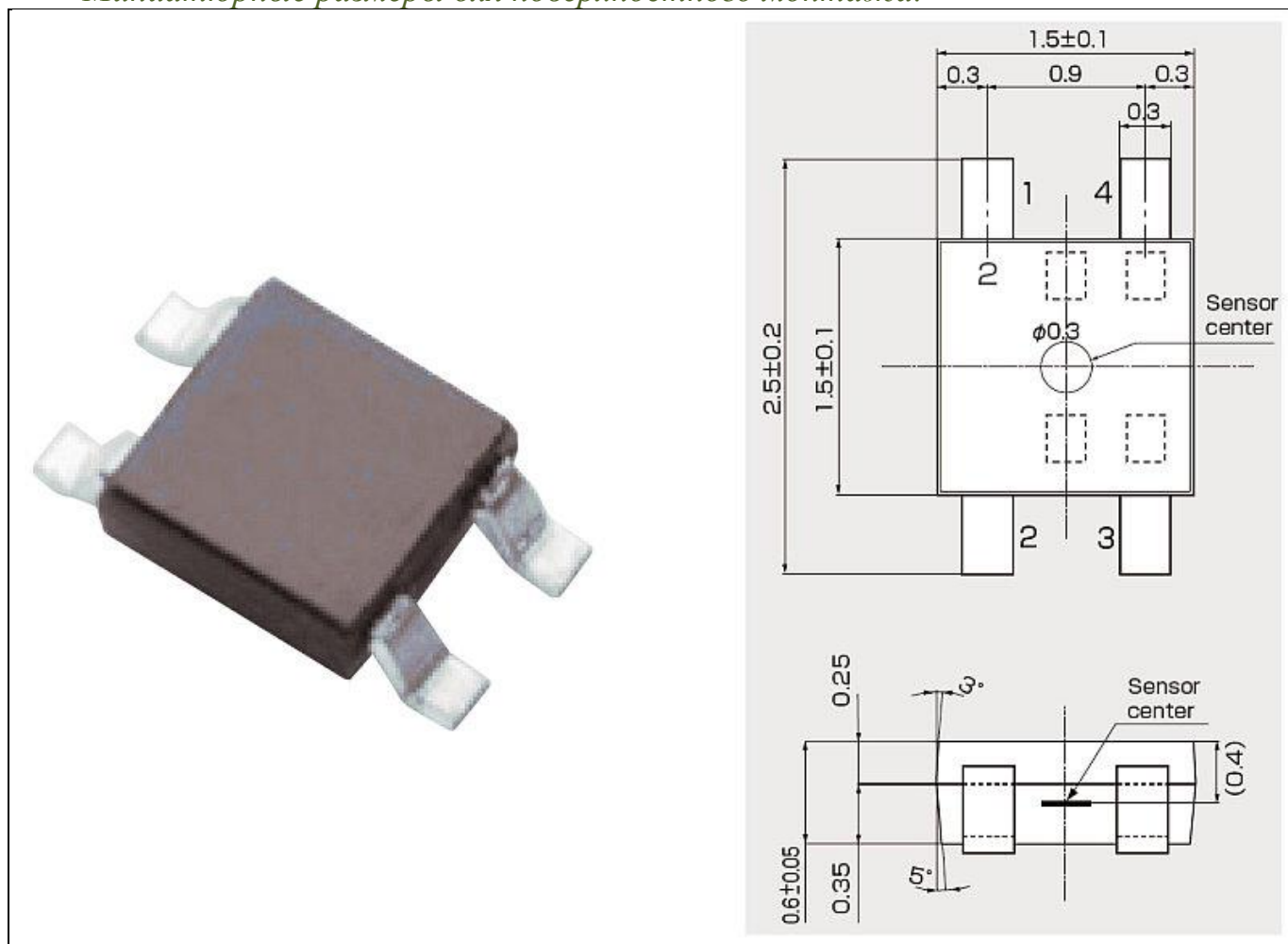
В настоящее время лучшими доступными линейными элементами Холла являются компоненты на основе арсенида галлия (GaAs), произведенные в Японии.

Вот их особенности:

Отличные характеристики температурной стабильности.

Линейная зависимость напряжения Холла от величины магнитного поля.

Миниатюрные размеры для поверхностного монтажа.



Основные характеристики данного вида элементов Холла приведены ниже:

Величина	Условия	Символ	Мин.	Макс.	Единица
Выходное напряжение Холла	$B=0.1T$ $V_c=6V$	V_H	150	190	mV
Входное сопротивление		R_{in}	450	750	Ω
Выходное сопротивление		R_{out}	1000	2000	Ω
Напряжение смещения		V	-16	+16	mV
Температурный коэфф. V_H		αV_H		-0,06	%/°C
Температурный коэфф. R_{in}		αR_{in}		0,3	%/°C
Линейность выходного напряжения Холла	$B=0.1/0.5T$ $I_c=5mA$	ΔK		2	%

Возможные виды зондов с элементами Холла приведены ниже:



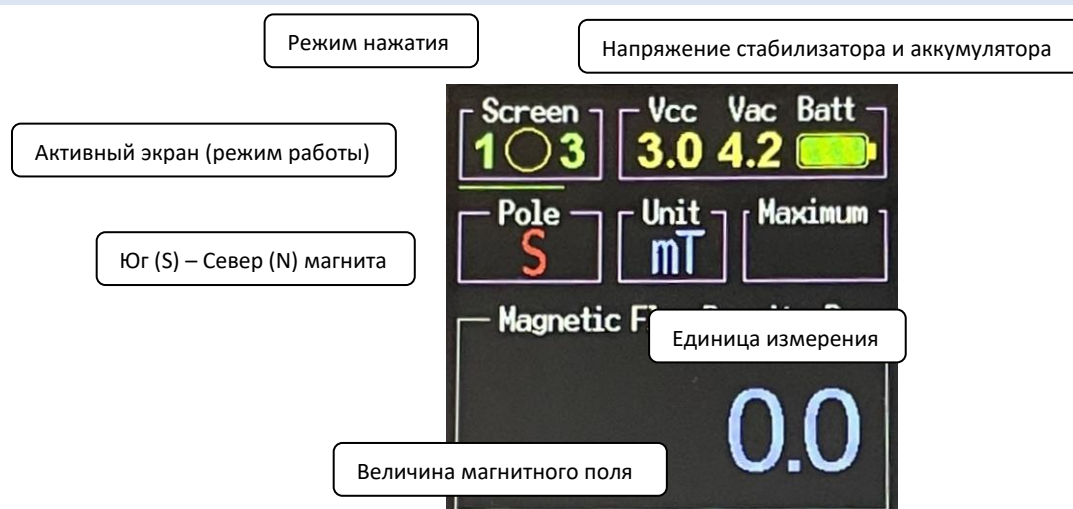
Зонды отличаются толщиной текстолита (1,5 – 1,0 – 0,8 мм), общей толщиной зонда (текстолит + элемент Холла), маркой элемента Холла.

ВНИМАНИЕ: Элемент Холла является очень чувствительным и слабозащищенным элементом конструкции. Не делайте резких движений при измерениях, которые могут привести к срыву элемента Холла с основания измерительного зонда.

При переносе тесламетра из помещения с большой разницей температур желательно предоставить измерительному зонду 20 минут перед началом измерений для установления теплового равновесия полупроводникового кристалла.

Дополнительные режимы работы

ОСНОВНОЙ ЭКРАН ТЕСЛАМЕТРА



Для большинства измерений магнитного поля основного режима работы тесламетра будет достаточно. Однако если требуется дополнительная функциональность, можно воспользоваться единственным устройством ввода – боковой кнопкой **1** (*Tact Button*).

ОСНОВНЫЕ РЕЖИМЫ НАЖАТИЯ КНОПКИ

Короткое нажатие (меньше 1 сек) – переход в режим определения **максимальной величины** магнитного поля. На экране появится надпись «MAX». Повторное короткое нажатие переводит тесламетр в нормальный режим работы.

Среднее нажатие (больше 1, но меньше 2,5 сек) – циклический переход на **следующий экран**. На дисплее в статусной верхней строке сменится номер экрана. Всего экранов 3.

Экран №1 – **основной** режим работы, измерения в **миллitesла**.

Экран №2 – **основной** режим работы, измерения в **гауссах**.

Экран №3 – **служебный** режим работы, основные настроечные параметры тесламетра.

Очень длинное нажатие (больше 4 сек) – **отключение** микроконтроллера.

Если при включении тесламетра прибор подключен к функционирующему USB порту компьютера, то прибор переходит в режим **постоянного вывода информации на компьютер**. Об этом сигнализирует светящийся **фиолетовый** светодиод. Информация выдается в кодах АЦП со скоростью 1000 образцов в секунду. Для окончания данного режима необходимо нажать боковую кнопку **1** (*Tact Button*).

Коэффициент пересчета от кодов АЦП к величине магнитного поля в миллитесла определяется следующим образом:

$$(U_{\text{ref}} / (2^{23} - 1)) * K_{\text{hall}}$$

Для данного АЦП $U_{\text{ref}} = 2.048$, коэффициент пересчета $K_{\text{hall}} = 3570$ (для каждого конкретного тесламетра коэффициент пересчета определяется в калибраторе магнитного поля).

Пример: при измерении в зазоре калибратора с образцовым магнитным полем 973 мТ тесламетр выдает на компьютер код 1115127, тогда

$$1115127 * (2.048 / (2^{23} - 1)) * 3570 = 971,92 \text{ мТ}$$

(датчик немного смещен).

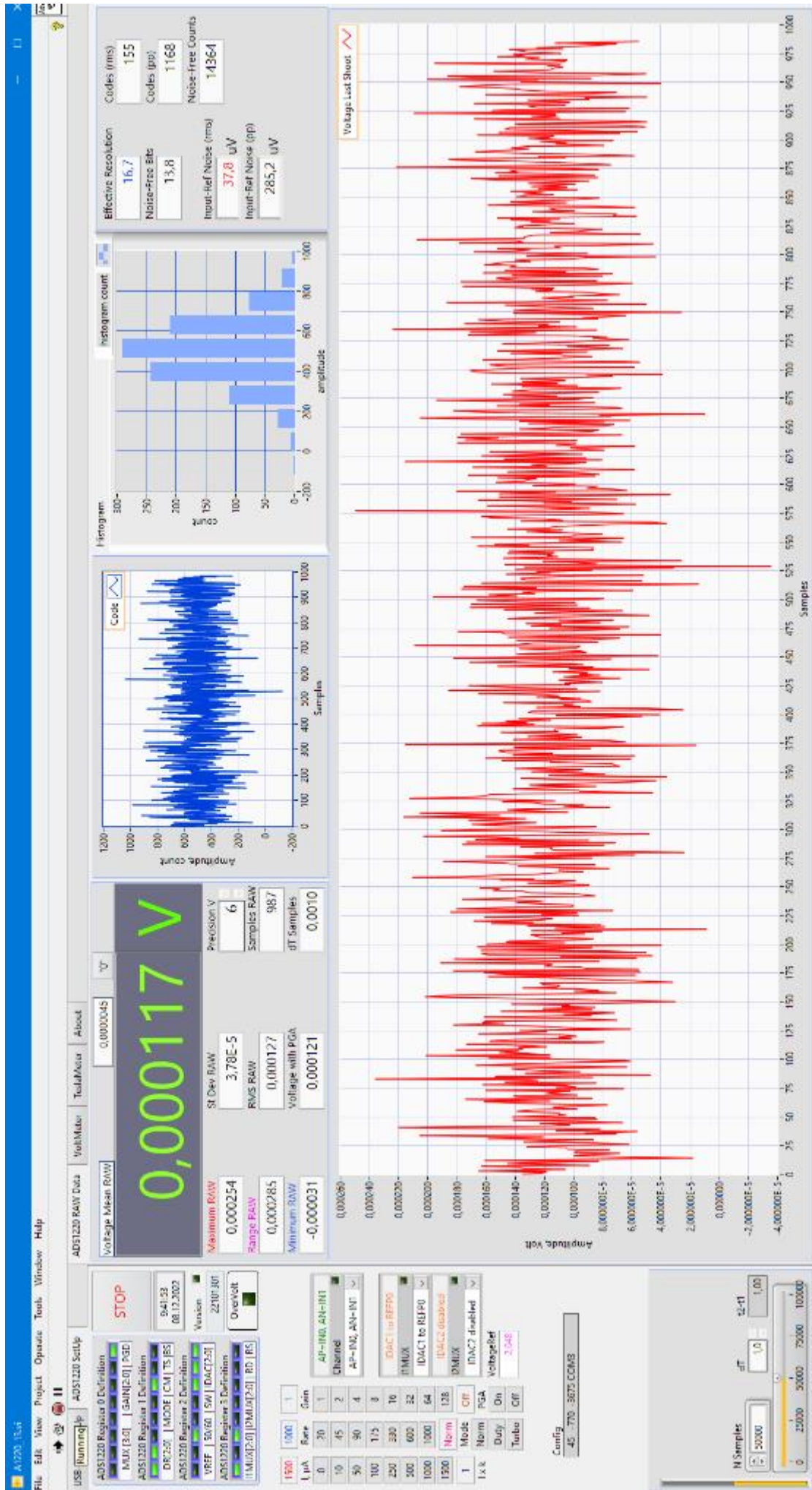
Дополнительные сведения

Представленный **тесламетр** обладает широкими возможностями, которые можно реализовать на этапе программирования аналого-цифрового преобразователя. Так, ток элемента Холла можно менять от **10 мкА до 3 мА**, коэффициент усиления встроенного усилителя от **1 до 128**, тем самым переходя в режим измерения как слабых магнитных полей (уровня магнитного поля Земли, 0,05 мТ), так и сильных магнитных полей (уровня 10 Т). Линейность данного варианта тесламетра была проверена до уровня **1,5 Т**.

Также возможна реализация как постоянного режима измерений, так и режима измерений по запросу, скорость опроса может меняться от 20 до 2000 образцов в секунду.

В конструкции **тесламетра** применены лучшие электронные компоненты, имеющиеся на текущий момент. Это изделия фирм **Infineon Technologies, Panasonic, Maxim Integrated, Texas Instruments**.

Вместе с тем необходимо отметить, что наилучшие результаты измерений параметров магнитного поля можно получить, используя тесламетр, компьютер и программный комплекс **LabVIEW** для анализа и визуализации данных. При этом возможны измерения как **постоянных**, так и **переменных** магнитных полей промышленного диапазона частот (порядка 400 Гц). Реальные изображения магнитных полей магнитов, полученные при линейном сканировании, или роторов электродвигателей, полученные при вращательном движении, позволят изучить амплитудно-частотные характеристики магнитных систем. Огромные возможности **LabVIEW** по математической, статистической или спектральной обработке результатов позволят в режиме реального времени оценить свойства магнитной системы или записать данные для дальнейшей обработки.



Особенности замены и обслуживания аккумулятора

Любой аккумулятор является расходным элементом, поэтому при необходимости литий-ионный аккумулятор можно заменить.

Открутив 4 пластиковых винта, снять верхнюю пластиковую накладку и удалить установленный литий-ионный аккумулятор из гнезда. Переставить переключку на нижнем левом разъеме в ПРАВОЕ положение (подключение через схему защиты от «переплюсовки»). Установить литий-ионный аккумулятор типоразмера AA (14500) с напряжением **3.7 – 4.2 В**, строго соблюдая полярность подключения: слева **минус (-)**, справа **плюс (+)**. Включить тестметр, чтобы убедиться, что все функционирует штатно. Отключить тестметр. Переставить переключку на нижнем левом разъеме в ЛЕВОЕ положение. Прикрутить пластиковую накладку, стараясь не повредить пластиковые винты. Такая длительная процедура обусловлена тем, что при неправильном подключении аккумулятора микроконтроллерный блок перестает функционировать («выгорает»).

Возможна установка как защищенного (*protected*), так и обычного аккумулятора, что никак не сказывается на работе тестметра. В случае защищенного аккумулятора защитная схема отключит аккумулятор при падении напряжения ниже 3.2 В (у разных производителей возможны свои уровни отключения). В случае незащищенного аккумулятора необходимо самостоятельно следить за уровнем напряжения аккумулятора.

Зарядка аккумулятора происходит током **165 мА**, что наиболее оптимально как для аккумулятора емкостью 800 – 900 мАч, так и для схемы источника питания, в частности, для USB цепей компьютера. Также желательно не держать постоянно аккумулятор на 100 % заряда (4.2 В), а эксплуатировать тестметр при напряжении 3.6 – 4.0 В, хотя это всего лишь рекомендация, пользователь сам решает, как наиболее удобно работать.