

NSM lab

FC-510

Частотомер

руководство пользователя

ver. 1.3

1. Описание устройства

1.1. Технические характеристики

- диапазон измеряемых частот – 0.1 Гц...100 МГц
- измеряемый период – 10 нс...10 с
- измеряемая длительность одиночных импульсов – 100 нс...10 с
- измеряемая частота вращения – 6...999999 об./мин.
- измерение коэффициента заполнения
- вычисление максимальной частоты, минимальной частоты, дрейфа частоты
- режим удержания показаний
- измерительный интервал – 10 мс...10 с
- количество усреднений – 1...100, нелинейная фильтрация
- вычитание промежуточной частоты – ± 99.9999 МГц
- диапазон коэффициента деления внешнего прескалера – 1...1000
- встроенный аналоговый интерполятор, разрешение 1 нс
- входное сопротивление – 1 МОм || 30 пФ
- чувствительность – 100 мВ (до 50 МГц)
- максимальное входное напряжение – ± 50 В
- регулируемый порог – -0.5...+0.5 В, -5...+5 В
- входной аттенюатор – 1:1, 1:10
- открытый, закрытый вход
- отключаемый ФНЧ 100 кГц
- внешний прескалер до 2 ГГц
- опорный генератор – ТСХО, ± 2.5 ppm (-20...+70°C), возможность подстройки
- питание – сеть 220 В
- потребляемая мощность – не более 5 Вт
- габариты – 150 x 130 x 50 мм
- вес – 0.4 кг

1.2. Назначение устройства

Частотомер FC-510 предназначен для измерения частоты электрических сигналов в диапазоне от 0.1 Гц до 100 МГц (с внешним прескалером – до 2 ГГц). Благодаря использованию метода обратного счета относительная погрешность измерения не зависит от измеряемой частоты и определяется только временем измерения. Использование аналогового интерполятора позволило значительно повысить разрешающую способность. В результате относительная погрешность измерения на интервале 1 с не превышает $4 \cdot 10^{-9}$ (без учета нестабильности опорного генератора). Кроме измерения частоты возможно измерение периода сигнала, длительности положительных и отрицательных импульсов, коэффициента заполнения (величина, обратная скважности), частоты вращения, а также статистических характеристик сигнала.

Основой частотомера является микросхема CPLD типа EPM3064A фирмы «Altera». В качестве источника опорной частоты применен термокомпенсированный кварцевый генератор на частоту 12.8 МГц с нестабильностью не более ± 2.5 ppm в диапазоне температур -20...+70°C. Математическую обработку результатов измерений, а также управление всеми функциями устройства осуществляет микроконтроллер ATmega8 фирмы «Atmel».

1.3. Описание устройства

1.3.1. Внешний вид устройства

Частотомер собран в пластмассовом корпусе размером 160 x 140 x 60 мм. На передней панели расположены входные разъемы, органы управления и дисплей. На задней панели частотомера находится выключатель питания, сетевой шнур и клемма заземления. Внешний вид передней панели частотомера показан на рис. 1.

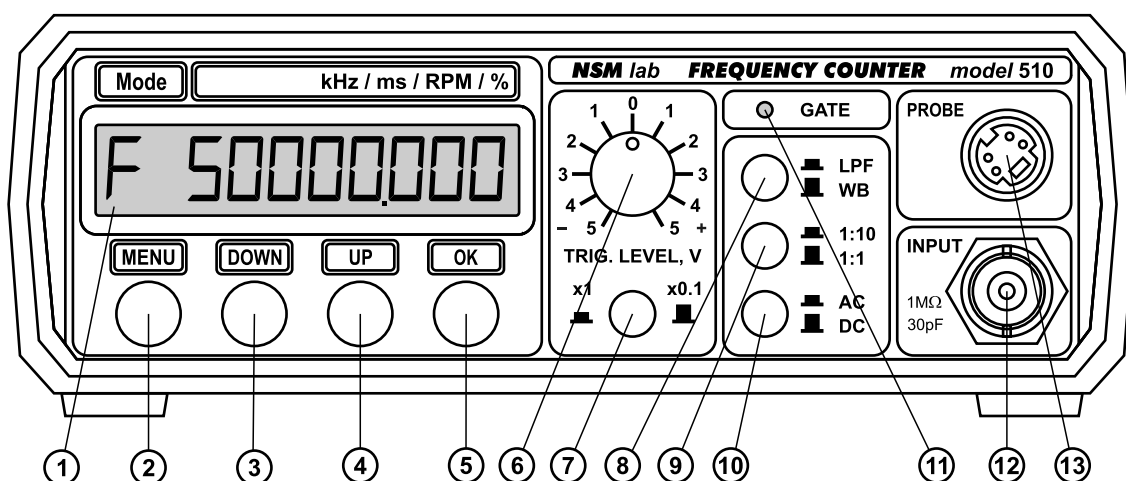


Рис. 1. Внешний вид передней панели частотомера FC-510.

- 1 – дисплей; 2 – кнопка входа в меню; 3 – кнопка уменьшения значения;
 4 – кнопка увеличения значения; 5 – кнопка подтверждения; 6 – ручка регулировки порога;
 7 – кнопка переключения пределов порога; 8 – кнопка включения ФНЧ 100 кГц;
 9 – кнопка включения делителя 1:10; 10 – кнопка включения закрытого входа;
 11 – светодиод индикации интервала счета; 12 – входной разъем;
 13 – разъем для подключения внешнего прескалера.

1.3.2. Входные разъемы

Частотомер имеет два входных разъема: разъем BNC для подключения входного сигнала и разъем mini-DIN-4 для подключения внешнего прескалера.

Разъем BNC является основным входом частотомера. Он позволяет измерять частоту до 100 МГц (до 50 МГц сохраняется номинальная чувствительность 100 мВ, на более высоких частотах чувствительность падает). Основной вход имеет стандартные значения входного сопротивления и емкости (1 МОм и 30 пФ). Это делает возможным использование совместно с частотомером стандартных осциллографических щупов, в том числе и с делителем 1:10. Использование делителя позволяет получить высокое входное сопротивление и маленькую емкость. В результате при измерении частоты в схему вносится очень небольшая погрешность, что позволяет, например, контролировать частоту прямо на выводах кварцевого резонатора в генераторах. Однако необходимо помнить, что даже небольшая емкость щупа вызывает некоторое отклонение частоты. Для получения достоверных результатов нужно контролировать частоту на выходе буферного каскада

генератора.

Измерение более высоких частот возможно с использованием внешнего прескалера. Для его подключения предусмотрен специальный разъем. Назначение контактов этого разъема показано на рис. 2.

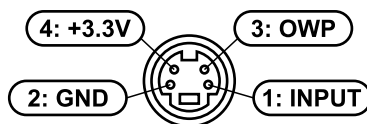


Рис. 2. Назначение контактов разъема прескалера.

Подключение внешнего прескалера частотомер определяет автоматически по потребляемому току. Когда в цепи +3.3 В (контакт 4 разъема) возникает ток больше 3 мА, прескалер считается подключенным. При этом частотомер начинает учитывать в своих показаниях коэффициент деления прескалера, который можно установить в диапазоне 1...1000 с помощью соответствующего меню.

Выходной сигнал прескалера поступает на контакт 1 разъема. Этот контакт через защитную цепочку подключен к основному входу частотомера. Поэтому при работе с прескалером разъем основного входа частотомера должен быть отключен. При работе с прескалером работают все дополнительные функции, такие как регулировка порога, аттенюатор, фильтр и переключение открытый/закрытый вход. Поэтому для правильной работы прескалера органы управления должны находиться в соответствующих положениях, зависящих от типа прескалера.

Контакт 3 разъема предназначен для управления прескалером с помощью однопроводного порта. В модели частотомера FC-510 эта функция не поддерживается.

1.3.3. Режимы работы основного входа

Основной вход может быть открытым (DC) и закрытым (AC). Переключение производится кнопкой 10 (рис. 1). При открытом входе постоянная составляющая проходит на вход компаратора частотомера. Это позволяет путем регулировки порога компаратора выделять сигналы, имеющие пьедестал постоянного уровня. При закрытом входе на вход компаратора проходит только переменная составляющая сигнала. В этом случае может быть установлен нулевой порог компаратора, который подойдет для большинства сигналов.

При необходимости измерять сигналы с высоким уровнем, можно кнопкой 9 включить аттенюатор 1:10. При этом эквивалентное значение порога компаратора, приведенное ко входу частотомера, увеличится в 10 раз (до ± 50 В).

Для ограничения полосы пропускания частотомер имеет встроенный ФНЧ с частотой среза около 100 кГц. Фильтр включается с помощью кнопки 8. Фильтр необходим при измерении частоты низкочастотных сигналов с малой скоростью нарастания (например, синусоидальных). Применение фильтра увеличивает отношение сигнал/шум и устраняет паразитные срабатывания компаратора на медленных фронтах входного сигнала.

1.3.4. Установка порога компаратора

Регулировка порога компаратора производится с помощью переменного резистора 6 (рис. 1). Пределы регулировки переключаются кнопкой 7 и могут быть ± 5 В или ± 0.5 В. Если включен входной делитель 1:10, то эквивалентное значение порога,

приведенное ко входу частотомера, увеличится в 10 раз. То же самое происходит и при использовании внешнего щупа с делителем.

1.3.5. Индикация интервала счета

На передней панели частотомера имеется светодиод 11 (рис. 1). Он загорается в то время, когда производится счет. Для того, чтобы запустился процесс счета, на вход частотомера должен поступать сигнал, а порог компаратора должен быть правильно настроен. Если компаратор не переключается, то измерение не начинается, и светодиод погашен. Таким образом, светодиод удобно использовать для настройки порога компаратора.

Если за установленное время измерения входной сигнал не обнаружен, измерение завершается, индицируется нулевая частота, и измерение запускается снова. Когда входной сигнал обнаруживается, светодиод загорается, и начинается счет. Если в процессе счета входной сигнал исчезает, то производится его ожидание в течение интервала времени, равного времени измерения. Если сигнал не обнаруживается, то измерение завершается и индицируется нулевая частота. Таким образом, максимальное время одного измерения может до двух раз превышать измерительный интервал.

1.4. Меню управления

1.4.1. Кнопки управления

Для управления частотомером используется система меню. Меню отображается на дисплее. Управление осуществляется с помощью кнопок «MENU», «DOWN», «UP» и «OK».

Кнопка «MENU» используется для входа в меню редактирования параметров и для пролистывания списка параметров.

Кнопками «DOWN» и «UP» редактируются значения параметров. Если одну из этих кнопок удерживать, то через 0.8 с начинается автоповтор с периодом 180 мс. После 16 шагов скорость автоповтора возрастает, период становится 60 мс. Еще эти кнопки используются для масштабирования отображаемой на дисплее величины. Одновременное нажатие кнопок «DOWN» и «UP» включает или выключает режим автоматического масштабирования.

Кнопка «OK» служит для подтверждения выбранного пункта меню или введенного значения. При ее нажатии происходит возвращение в основное меню. Еще эта кнопка имеет дополнительную функцию включения и выключения режима удержания показаний «HOLD», а также она используется для сброса статистики.

1.4.2. Меню заставки

При включении генератора на дисплее появляется меню заставки (рис. 3).

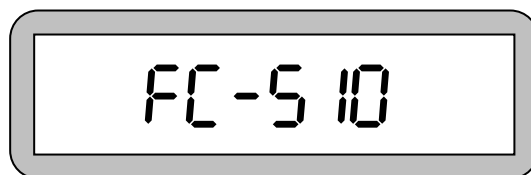


Рис. 3. Меню заставки.

1.4.3. Основное меню

Спустя 2.5 секунды появляется основное меню, где отображается измеренное значение (рис. 4).



Рис. 4. Основное меню.

1.4.4. Меню редактирования параметров

Для входа в меню редактирования параметров нужно нажать кнопку «MENU». Этой же кнопкой можно пролистать пункты меню. После пролистывания всего списка параметров происходит выход в основное меню. Выбранный параметр редактируется кнопками «DOWN» и «UP». После редактирования можно перейти к следующему параметру, нажав кнопку «MENU», или вернуться в основное меню нажатием кнопки «OK». При переходе в основное меню осуществляется сохранение значений всех параметров в EEPROM. Список параметров приведен в таблице 1.

Таблица 1. Список редактируемых параметров

Параметр	Минимум	Максимум	Название
Ind	F, P, HI, LO, d, rot, FL, FH, dF		Режим индикации
G	10 мс	10000 мс	Время измерения
A	1	100	Количество усреднений
IF	-99999.9 кГц	+99999.9 кГц	Промежуточная частота
PrE	1	1000	Коэффициент деления прескалера
Int	OFF	ON	Включение интерполятора

1.4.5. Режим индикации

Режим индикации (режим работы частотомера) можно выбрать в меню «Ind». Режимы пролистываются кнопками «DOWN» и «UP», выбор осуществляется кнопкой «OK» (рис. 5). Возможные режимы работы частотомера приведены в таблице 2.

Таблица 2. Список режимов работы частотомера

Режим	Полное название	Описание
F	Frequency	Измерение частоты
P	Period	Измерение периода
HI	High pulse duration	Измерение длительности импульса высокого уровня
LO	Low pulse duration	Измерение длительности импульса низкого уровня
d	Duty cycle	Измерение коэффициента заполнения
rot	Rotation per minute	Измерение частоты вращения
FH	Frequency high value	Индикация максимальной измеренной частоты
FL	Frequency low value	Индикация минимальной измеренной частоты
dF	Deviation of frequency	Индикация дрейфа частоты

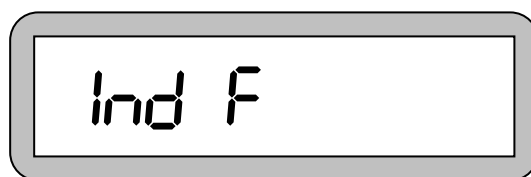


Рис. 5. Установка режима индикации.

1.4.6. Время измерения (Gate)

В меню «G» устанавливается время измерительного интервала (рис. 6). Возможны следующие значения: 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 и 10000 мс. Редактирование значения производится кнопками «DOWN» и «UP». После редактирования можно перейти к следующему параметру, нажав кнопку «MENU», или вернуться в основное меню нажатием кнопки «OK».

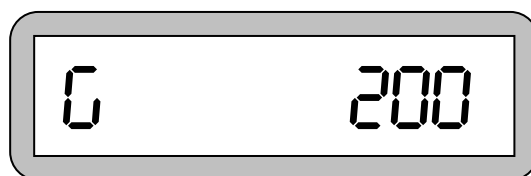


Рис. 6. Установка измерительного интервала.

Значение измерительного интервала влияет на точность измерений – чем длиннее измерительный интервал, тем выше точность. С другой стороны, увеличение измерительного интервала ведет к уменьшению частоты обновления измеренного значения на дисплее. Поэтому при оценочных измерениях для комфортной работы может потребоваться уменьшение измерительного интервала.

1.4.7. Количество усреднений (Average)

Меню «A» позволяет задать количество усреднений измеряемой величины (рис. 7). Возможно задать количество усреднений от 1 до 100. Редактирование значения производится кнопками «DOWN» и «UP». После редактирования можно перейти к следующему параметру, нажав кнопку «MENU», или вернуться в основное меню нажатием кнопки «OK».

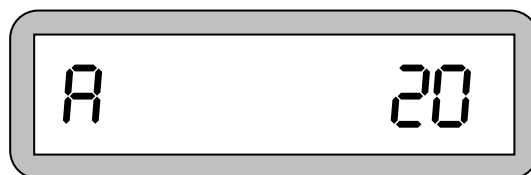


Рис. 7. Установка количества усреднений.

Количество усреднений может быть 1 (усреднение не производится), 2, 5, 10, 20, 50 или 100. Увеличение количества усреднений уменьшает флуктуации измеренной

величины, но в то же время уменьшается скорость реакции на изменение входной частоты. Для ускорения установления усредненного значения используется нелинейный фильтр. Если измеренная частота отклоняется от среднего значения более чем на 6.25%, постоянная времени фильтра уменьшается до нуля. Это существенно сокращает время установления при скачке частоты. С другой стороны, это накладывает ограничение на усреднение результатов измерений при сильно нестабильной частоте.

1.4.8. Промежуточная частота (Intermediate Frequency)

В случае применения частотомера для измерения частоты настройки супергетеродинных приемников методом измерения частоты гетеродина, имеется возможность вычитания промежуточной частоты. Для ввода значения промежуточной частоты служит меню «IF» (рис. 8). Диапазон задания составляет ± 99999.9 кГц. Редактирование значения производится кнопками «DOWN» и «UP». После редактирования можно перейти к следующему параметру, нажав кнопку «MENU», или вернуться в основное меню нажатием кнопки «OK».

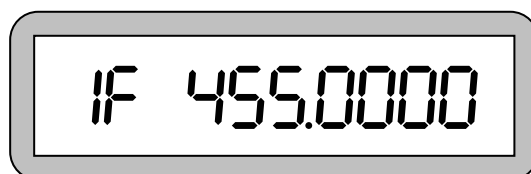


Рис. 8. Установка промежуточной частоты.

Значение промежуточной частоты добавляется к измеренному значению частоты. Чтобы вычесть эту частоту, нужно ввести отрицательное значение. Промежуточная частота влияет только на измерение частоты и статистику. Измерение периода, длительности импульсов, коэффициента заполнения и частоты вращения не учитывают значение промежуточной частоты.

1.4.9. Коэффициент деления прескалера (Prescaler)

При работе с внешним прескалером частотомер автоматически умножает измеренное значение на коэффициент деления частоты прескалером. Возможно использование прескалеров с коэффициентами деления от 1 (активный пробник без делителя) до 1000. Для задания коэффициента деления прескалера служит меню «PrE» (рис. 9). Редактирование значения производится кнопками «DOWN» и «UP». После редактирования можно перейти к следующему параметру, нажав кнопку «MENU», или вернуться в основное меню нажатием кнопки «OK».

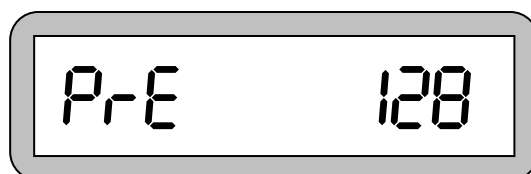


Рис. 9. Установка коэффициента деления прескалера.

Введенный коэффициент деления прескалера вступает в силу только тогда, когда обнаруживается подключение внешнего прескалера. Коэффициент влияет на результаты всех измерений, кроме измерения коэффициента заполнения.

1.4.10. Включение интерполятора (Interpolator)

Частотомер имеет встроенный аналоговый интерполятор, который позволяет увеличить разрешающую способность измерения интервалов времени и таким образом повысить точность измерений. Данная модель частотомера имеет всего один интерполятор, поэтому при измерении длительности импульсов и коэффициента заполнения интерполятор не используется. Интерполятор можно включить или выключить с помощью меню «Int» (рис. 10). Включение осуществляется с помощью кнопки «UP», а выключение – с помощью кнопки «DOWN».

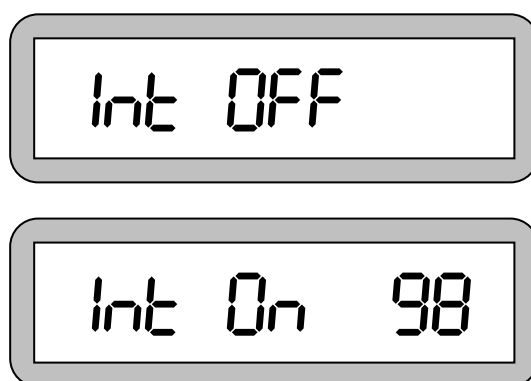


Рис. 10. Выключение и включение интерполятора.

Когда интерполятор выключен, отображается надпись «OFF». Если же интерполятор включен, то отображается надпись «On» и значение, полученное при калибровке интерполятора. Это значение представляет собой количество отсчетов интерполятора на один период опорной частоты. Значение должно лежать в пределах 70...110. Выход значения за эти пределы говорит о неисправности схемы интерполятора.

1.5. Режимы работы частотомера

1.5.1. Режим измерения частоты (Frequency)

В режиме измерения частоты на индикаторе отображается значение измеренной частоты в кГц (рис. 11). Относительная погрешность измерения частоты зависит от длительности измерительного интервала (см. меню «G») и от того, используется ли аналоговый интерполятор (см. меню «Int»).

Если измерение проводится с помощью внешнего прескалера, то частотомер автоматически обнаруживает его подключение и умножает измеряемую частоту на коэффициент, заданный в меню «PrE».



Рис. 11. Индикация значения частоты 455 кГц.

Если в меню «IF» задано ненулевое значение промежуточной частоты, то к измеренному значению будет добавляться значение промежуточной частоты. Если реальная частота выше на величину промежуточной частоты, следует вводить положительное значение промежуточной частоты, если ниже – отрицательное. Когда выводится значение с учетом промежуточной частоты, то после символа «F» отображается точка (рис. 12).



Рис. 12. Индикация значения 13 МГц с учетом промежуточной частоты.

1.5.2. Режим измерения периода (Period)

В режиме измерения периода фактически производится измерение частоты, но отображается обратная величина $1/f$ (рис. 13). При нулевом значении частоты вместо периода отображается ноль. Все дополнительные режимы, действующие для измерения частоты, кроме учета промежуточной частоты, действуют и при измерении периода.

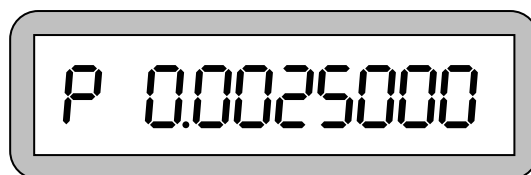


Рис. 13. Индикация значения периода 2.5 мкс.

1.5.3. Режим измерения длительности импульсов ВЫСОКОГО уровня (High level)

В этом режиме производится измерение суммарной длительности импульсов ВЫСОКОГО уровня за время измерительного интервала. Полученное значение делится на количество зарегистрированных импульсов, в результате получается длительность одного импульса (рис. 14). Интерполятор в этом измерении не участвует. Возможно измерение длительности даже одиночных импульсов.



Рис. 14. Индикация длительности импульса 333 мкс.

1.5.4. Режим измерения длительности импульсов НИЗКОГО уровня (Low level)

В этом режиме производится измерение суммарной длительности импульсов НИЗКОГО уровня за время измерительного интервала. Полученное значение делится на количество зарегистрированных импульсов, в результате получается длительность одного импульса (рис. 15). Интерполятор в этом измерении не участвует. Возможно измерение длительности даже одиночных импульсов.



Рис. 15. Индикация длительности импульса 322 мкс.

1.5.5. Режим измерения коэффициента заполнения (Duty cycle)

При измерении коэффициента заполнения (рис. 16) сначала измеряется длительность ВЫСОКОГО уровня, затем длительность НИЗКОГО уровня, затем вычисляется значение $d = HI / (HI + LO)$. Интерполятор в измерении не участвует.

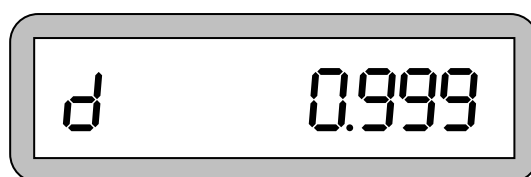


Рис. 16. Индикация коэффициента заполнения 0.999.

1.5.6. Режим измерения частоты вращения (Rotations per minute, rpm)

При измерении частоты вращения производится обычное измерение частоты, только результат переводится в единицы оборотов в минуту (рис. 17). Все дополнительные режимы, действующие для измерения частоты, кроме учета промежуточной частоты, действуют и при измерении частоты вращения.

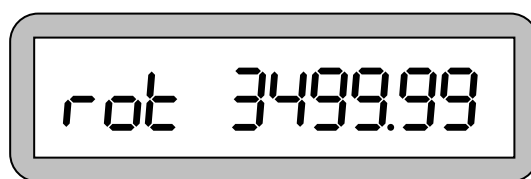


Рис. 17. Индикация частоты вращения 3499.99 об./мин.

1.5.7. Вычисление максимальной частоты (Frequency High)

Для сигналов, частота которых не остается постоянной, а меняется в некоторых пределах, есть возможность вычисления максимальной частоты. В этом режиме непрерывно производятся измерения частоты с заданным измерительным интервалом. Индицируется максимальный измеренный результат (рис. 18). Для сброса результата нужно нажать кнопку «ОК», при этом измерение останавливается, а показания начинают мигать. Вторичное нажатие кнопки «ОК» сбрасывает значение максимальной частоты и возобновляет измерения. При этом показания сменяются значением текущей частоты, и снова начинает накапливаться статистика.

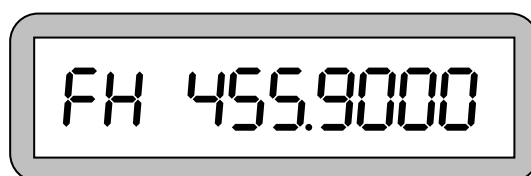


Рис. 18. Индикация максимальной частоты 455.9 кГц.

1.5.8. Вычисление минимальной частоты (Frequency Low)

Имеется также возможность вычисления минимальной частоты. В этом режиме непрерывно производятся измерения частоты с заданным измерительным интервалом. Индицируется минимальный измеренный результат (рис. 19). Для сброса результата нужно нажать кнопку «ОК», при этом измерение останавливается, а показания начинают мигать. Вторичное нажатие кнопки «ОК» сбрасывает значение минимальной частоты и возобновляет измерения. При этом показания сменяются значением текущей частоты, и снова начинает накапливаться статистика.

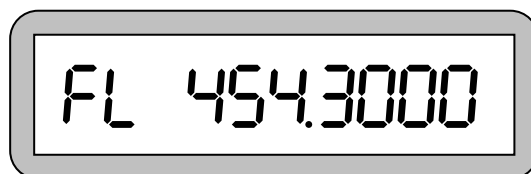


Рис. 19. Индикация минимальной частоты 454.3 кГц.

1.5.9. Вычисление отклонения частоты (Deviation of Frequency)

В этом режиме непрерывно производятся измерения частоты с заданным измерительным интервалом. Индицируется разность между текущим значением и первым измеренным значением (рис. 20). Для сброса результата нужно нажать кнопку «ОК», при

этом измерение останавливается, а показания начинают мигать. Вторичное нажатие кнопки «ОК» сбрасывает значение дрейфа частоты и возобновляет измерения. При этом показания сменяются значением текущей частоты, и снова начинает накапливаться статистика.

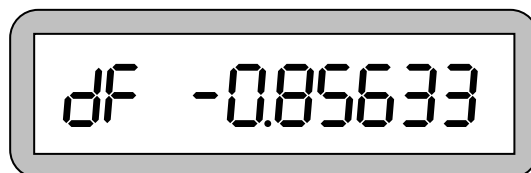


Рис. 20. Индикация дрейфа частоты -0.85633 кГц.

1.6. Дополнительные функции частотомера

1.6.1. Удержание показаний (Hold)

Для временной приостановки измерений с индикацией последнего измеренного значения служит режим удержания показаний. Включается он нажатием кнопки «ОК». В режиме удержания показаний значение на дисплее мигает. Выйти из режима удержания показаний можно вторичным нажатием кнопки «ОК».

1.6.2. Масштабирование показаний (Scale)

Положение десятичной точки можно менять (рис. 21) с помощью кнопок «DOWN» (точка перемещается влево) и «UP» (точка перемещается вправо).

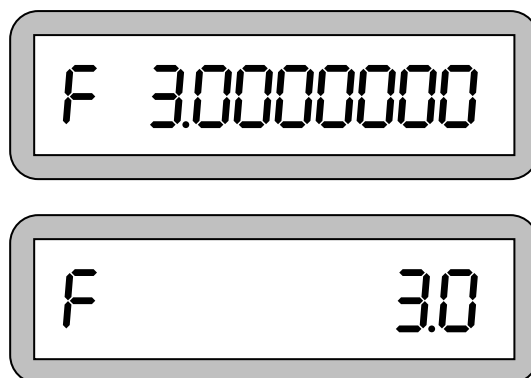


Рис. 21. Два разных способа индикации частоты 3 кГц.

Если измеренная величина не умещается в разрядную сетку с текущим положением точки, возникает переполнение, которое индицируется в виде черточек (рис. 22). В этом случае необходимо запятую сдвинуть вправо с помощью кнопки «UP».

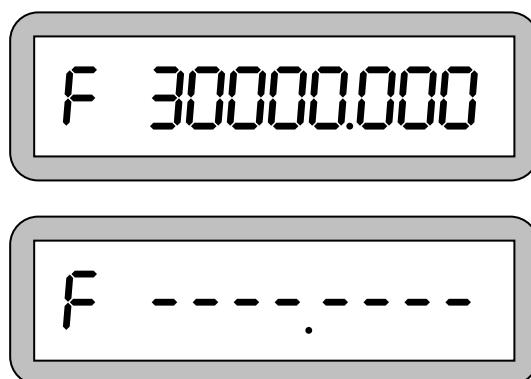


Рис. 22. Переполнение при индикации частоты 30 МГц.

1.6.3. Автоматическое масштабирование показаний (Auto scale)

Имеется режим автоматического масштабирования показаний, когда положение запятой определяется измеренным значением. Для включения этого режима нужно одновременно нажать кнопки «DOWN» и «UP». При этом на дисплее появляется соответствующая надпись (рис. 23), которая исчезает через 2 сек.

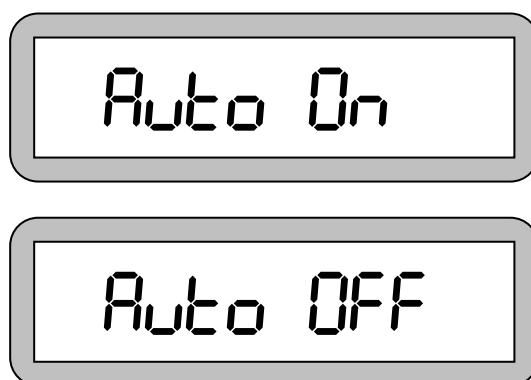
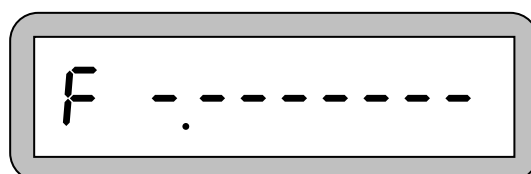


Рис. 23. Индикация режима автоматического масштабирования.

В каждом цикле измерения запятая может сдвигаться только на одну позицию (рис. 24). Поэтому для нормализации вывода может потребоваться несколько циклов измерения (до шести).



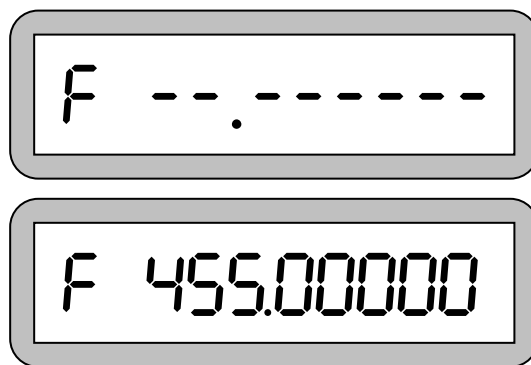


Рис. 24. Действие автоматического масштабирования.

1.6.4. Калибровка частотомера (Calibration)

Калибровка частотомера производится по эталонному генератору или частотомеру. Перед калибровкой необходимо прогреть прибор в течение 30 мин. К генератору импульсов необходимо вместе с частотомером подключить эталонный прибор. Регулировкой порога компаратора нужно добиться устойчивых показаний. Калибровку желательно проводить при длительности измерительного интервала (Gate) не меньше 1 с, рекомендуется – 10 с. Вращая подстроечный элемент опорного генератора, нужно добиться совпадения показаний частотомера с эталонным.

2. Информация о разработчике

2.1. Разработчик

NSM *lab*

e-mail: wubblick@yahoo.com