УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

ООО «Лаборатория Микроприборов»

_____ А.С. Тимошенков
«___» _____ 2022 г.

МОДУЛЬ ИНЕРЦИАЛЬНЫЙ МГ-10

ПРОТОКОЛ
информационного взаимодействия
ЛМАП.402131.011Д1

Разработал

_____ А.В. Михеев
«___» _____ 2022 г.

Проверил

_____ А.М. Каменский
«___» _____ 2022 г.

Нормоконтролер

_____ Н.А. Соломкина
«___» _____ 2022 г.

Содержание

Содержание 2
1 Введение 3
2 Назначение 3
3 Интерфейс обмена 3
4 Представление данных 3
5 Способ передачи 3
6 Структура информационных пакетов 4
7 Формат пакетов 5
7.1 Проверка соединения 5
7.2 Данные об изделии 5
7.3 Настройка изделия 6
7.4 Параметры наборного пакета данных МГ 12
7.5 Запрос данных 14
7.6 Наборы данных 14
7.6.1 Выдача кодов АЦП 14
7.6.2 Выдача калиброванных данных с датчиков 14
7.6.3 Ориентация 15
7.6.4 Данные инклинометра 15
7.6.5 Наборный пакет данных 15
7.7 Компенсация смещения датчиков угловой скорости 17
7.7.1 Получение коэффициентов смещения датчиков угловой скорости. 17
7.7.2 Запись коэффициентов смещения датчиков угловой скорости. 17
7.7.3 Накопление и вычисление коэффициентов смещения гироскопов 17
8 Приложение А (справочное) Пример расчета контрольной суммы на языке С 19
9 Лист регистрации изменений 21

1 Введение

Настоящий протокол информационного взаимодействия устанавливает характеристики связи с модулями инерциальными МГ-10 (далее МГ-10). Некоторые команды и информационные поля не поддерживаются всей серией МГ, необходимо учитывать аппаратные возможности модулей.

2 Назначение

Протокол предназначен для однозначного регламентирования скорости обмена, последовательности и типов данных, следующих в информационном обмене.

3 Интерфейс обмена

Информационное взаимодействие с модулями серии МГ-10 обеспечивается посредством следующего интерфейса UART. Параметры передачи данных: 8 бит данных, без бита четности, 1 стоп-бит и настраиваемой скоростью. Скорость обмена данными, устанавливаемая при производстве 921600 бит/с.

Предельные и предельно-допустимые режимы работы интерфейсов указаны в ЛМАП.402131.011РЭ в разделе 2.1.

4 Представление данных

Порядок передачи данных от младшего к старшему. Используется little-endian порядок байт. Структуры упакованные. Типы данных:
uint8 – 8 бит целое беззнаковое число
uint16 – 16 бит целое беззнаковое число
uint32 – 32 бит целое беззнаковое число
int8 – 8 бит целое знаковое число
int16 – 16 бит целое знаковое число
int32 – 32 бит целое знаковое число
float32 – 32 бит число с плавающей точкой одинарной точности в формате IEEE 754

5 Способ передачи

Передачи по интерфейсу производятся непрерывными массивами байт – пакетами. Байт информации всегда имеет восемь бит данных и сопровождается одним стартовым битом и как минимум одним стоповым битом без бита паритета. Логически передачи соответствуют принципам «запрос-ответ» и «ведущий-ведомый» (кроме режима непрерывной передачи данных). Устройство является ведомым, и производит непрерывное прослушивание канала данных. Ведущее устройство посылает пакет-запрос, а ведомое, в течение фиксированного интервала, должно послать пакет-ответ. Выбор устройства производится с помощью поля адреса.

Исключением является режим непрерывной выдачи измеренных данных. В данном режиме устройство в соответствии с настроенной частотой выдачи данных посылает соответствующие типы пакетов. В остальном взаимодействие аналогично принципам «запрос-ответ» и «ведущий-ведомый».

Прием осуществляется целиковыми пакетами. Разделителем пакета служит задержка более 3,5 символов.

6 Структура информационных пакетов

Передача данных осуществляется попакетно. Структура пакета: заголовок фиксированной длины, поле данных переменной длины и контрольная сумма (см. рисунок 1).

Заголовок содержит служебную информацию: преамбулу (8 бит, имеет значение 0xFF), адрес устройства (8 бит), тип пакета (8 бит), длину поля данных (8 бит).

Поле данных имеет переменную длину и содержит параметры настройки модулей серии МГ-10, параметры данных с датчиков или их производные.

Контрольная сумма (32 бит) служит для проверки целостности переданного пакета данных. Расчет производится над массивом заголовок плюс поле данных. Значение добавляется к пакету в формате little-endian. Полином 32-й степени для расчета контрольной суммы имеет вид: $x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^{8}+x^{7}+x^{5}+x^{4}+x^{2}+x^{1}+x^{0}$ (используется в Ethernet, Gzip, и т.д.). Пример расчета контрольной суммы CRC32 на языке программирования С приведен в приложении А (стр. 19).

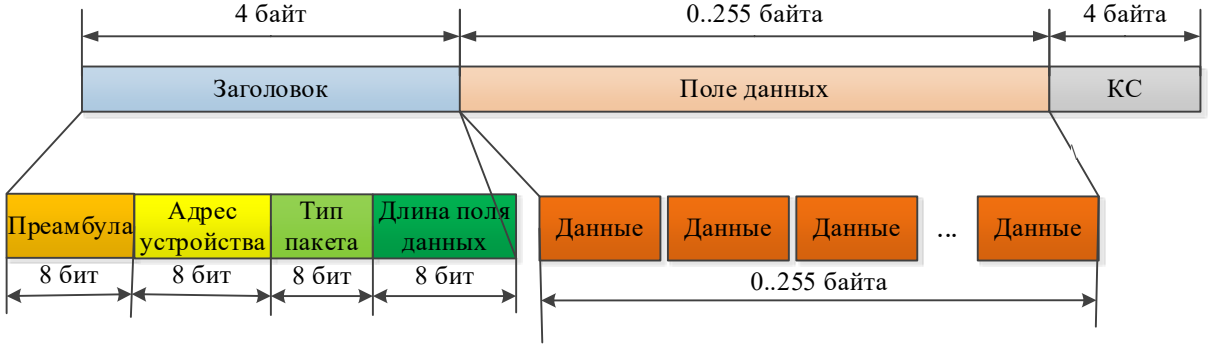


Рисунок 1 – Структура пакета

Пример структуры на языке С:

```
#define MAX_LENGTH 255
struct
{
  uint8 preamble;
  uint8 address;
  uint8 packet_type;
  uint8 length;
  uint8 data[MAX_LENGTH +4]; // data + CRC32
};
```

7 Формат пакетов

В разделе описаны:
- тип пакета;
- длина поля данных;
- поле данных;

7.1 Проверка соединения

Используется для оправления подключения изделия к интерфейсу.

Запрос:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

Ответ:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

Внимание! Ответ с типом пакета 0x00, также возвращается в качестве подтверждения на все пакеты (включая с неподдерживаемым типом), которые не подразумевают ответа специфичного типа.

7.2 Программный сброс

Используется для перезагрузки вычислителя

Запрос:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x01
Длина поля данных	0

Ответ:

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0x01
Данные	0

7.3 Данные об изделии

Используется для получения данных об изделии и его работоспособности

Запрос:

Назначение	Заполнение	
Тип пакета	0x04	
Длина поля данных	0	

Ответ:

Назначение	Заполнение	Примечание
Тип пакета	0x05	
Длина поля данных	0x2B	
Версия загрузчика	uint16	Номер версии в кодировке производителя
Версия прошивки	uint16	Номер версии в кодировке производителя
Дата производства	uint32	Дата производства в формате UTC
Серийный номер	char[16]	Дата производства в кодировке производителя в формате ASCII
Название изделия	char[16]	Код изделия в формате ASCII
Режим работы изделия	uint8	Используется на этапе производства
Статус данных	uint16	Битовое поле

Режим работы изделия

Значение регистра	Описание
0	Режим, загрузчик (нет рабочей прошивки)
1	Резерв
2	Режим, рабочая программа
3	Резерв

Статус данных (битовое поле)

Биты	Описание
15…12	Резерв
11	Метка времени от внешнего устройства
10	Значение канала «Вход синхросигнала» 1 – более 2,5 В 0 – менее 0,5 В
9…6	Резерв
5	Отказ акселерометра 1 – Отказ
4	Отказ датчика угловой скорости 1 – Отказ
3	Резерв
2	Пропуск данных 1 – Были зафиксированы пропуски
1	Переполнение очереди отправки данных 1 – Очередь отправки была переполнена
0	Значение канала «Выход синхросигнала» 1 – более 2,5 В 0 – менее 0,5 В

7.4 Настройка изделия

Используется для настройки режимов работы изделия

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x06
Длина поля данных	0

Запись/Ответ

Назначение	Заполнение	Примечание
Тип пакета	0x07	
Длина поля данных	0x3D	
Маска изменения формата данных	uint32	
Формат данных	uint32	
Маска изменения параметров выдачи данных	uint32	
Скорость основного интерфейса	uint8	
Адрес изделия в протоколе последовательного интерфейса	uint8	Адрес изделия может быть задан от 1 до 255. При производстве адрес равен 1. При посылке пакета с адресом равным 0, ответят все изделия на линии (широковещательная посылка).
Частота выдачи данных	uint16	
Алгоритм расчётов	uint8	
Диапазон измерения датчиков угловой скорости[1)]	uint8	0 ± 75 °/c 1 ± 150 °/c 2 ± 300 °/c По умолчанию диапазон измерения датчиков угловой скорости ± 300 °/c
Диапазон измерения акселерометров[1)]	uint8	0 ±10 g 1 ±20 g 2 ±40 g По умолчанию диапазон измерения акселерометров 10 g
Предделитель выходного синхросигнала	uint16	
DCM (1,1)	float32	Матрица поворота (3x3) измеренных данных. По умолчанию единичная.
DCM (1,2)	float32	
DCM (1,3)	float32	
DCM (2,1)	float32	
DCM (2,2)	float32	
DCM (2,3)	float32	
DCM (3,1)	float32	
DCM (3,2)	float32	
DCM (3,3)	float32	
Резерв	uint8	Не используется
Пропуск выходных пакетов данных	uint8	При использовании алгоритмов ориентации уменьшение частоты выдачи данных необходимо регули-

		ровать пропуском пакетов.
Резерв	uint8	Не используется
Резерв	uint8	Не используется
Тип входа внешней синхронизации	uint8	Программный выбор срабатывания входа синхронизации

Примечание: 1) Модуль калибруется на одном диапазоне измерения угловой скорости и ускорения, указанный в этикетке или паспорте на изделие.

Маска изменения формата данных – маска предназначена для выборочного изменения, накладываемая на формат данных для изменения необходимых битов. 1 – бит может меняться, 0 – бит не может изменяться.

Формат данных (битовое поле)

Биты	Описание
31…13	Резерв (заполнить 0)
12	Посылка пакета с данными по готовности 1 – Посылка по готовности (данные отправляются сразу после обновления) 0 – Синхронизация с получением измерения (данные отправляются по такту от АЦП)
11	Резерв
10	Посылка наборного пакета данных 0 = посылка пакетов данных, в соответствии с алгоритмом 1 = посылка наборного пакета данных
9	Тип выходного сигнала синхронизации 0 = импульсы по приходу сэмпла 1 = переключение по приходу сэмпла
8	Инверсия оси Z после преобразования СК 0 = без инверсии 1 = инверсия
7	Инверсия оси Y после преобразования СК 0 = без инверсии 1 = инверсия
6	Инверсия оси X после преобразования СК 0 = без инверсии 1 = инверсия
5…3	Преобразование системы координат 0 = XYZ->XYZ; 1 = XYZ->YZX 2 = XYZ->ZXY 3 = XYZ->XZY 4 = XYZ->YXZ 5 = XYZ->ZYX
2	Ед. изм. углов 0 = °, 1 = рад
1	Ед. изм. угловой скорости 0 = °/с,

	1 = рад/с
0	Ед. изм. ускорения 0 = g; 1 = м/с^2 (умножение на 9,81)

Маска изменения параметров выдачи данных – *предназначена для выборочного (побитового) изменения регистра параметров выдачи данных*

Биты	Описание
31…10	Резерв
9	Установка пропуска выходных пакетов данных
8	Резерв
7	Установка матрицы поворота DCM (направляющих косинусов)
6	Установка предделителя выходного синхросигнала
5	Установка диапазона акселерометров
4	Установка диапазона датчиков угловой скорости
3	Установка выходных данных (алгоритма расчётов)
2	Установка частоты выдачи данных
1	Установка адреса устройства
0	Установка скорости основного последовательного интерфейса

Скорость основного интерфейса

Значение регистра	Скорость, бит/с
0	921600
1	460800
2	230400
3	115200
4	1000000
5	2000000
6	3000000

Частота выдачи инерциальных данных

Частота выдачи ***инерциальных (ускорения, угловые скорости, температуры)*** данных устанавливается по формуле:

$$Fвых = \frac{1кГц}{ДЕЛ},$$

где ДЕЛ – значение регистра $F_{вых}$ - частота выдачи данных, причем если ДЕЛ = 0, то данные выдаются по запросу.

Внимание! При использовании алгоритмов ориентации, частота выдачи инерциальных данных должна быть фиксированной и равна 1 кГц. Задать частота выдачи данных алгоритмов ориентации возможно используя «***Пропуск выходных пакетов данных»***.

Предделитель выходного синхросигнала

Частота выдачи данных устанавливается по формуле:

$F_{выхсинхр}=F_{вых}$/ДЕЛ,

где ДЕЛ – значение регистра Предделитель выходного синхросигнала, значение ДЕЛ = 0 эквивалентно = 1.

Пропуск выходных пакетов данных

Задание пропуска выходных пакетов данных. Частота выдачи данных алгоритма устанавливается по формуле:

$F_{вых} = F_{вых}/(ПРОПУСК+1)$.

где ПРОПУСК – значение регистра *Пропуск выходных пакетов данных*.

Внимание! При установке пропуска пакетов, *счетчик пакетов* будет выдаваться с учетом значения «ПРОПУСК».

Алгоритм расчётов

Значение регистра	Набор данных
0	Выдача кодов АЦП (см. п. 7.7.1)
1	Выдача калиброванных данных с датчиков (см. п. 7.7.2)
2	Алгоритм вычисления ориентации (крен, тангаж и курс фильтр Калмана см. п. 7.7.3)
4	Вычисления углов склонения (алгоритм инклинометра раздел см. п. 7.7.4)
7	Пользовательский (см. п. 7.7.6)*
5, 6, 8, 9	Резерв.

Примечание – Набор данных «Заказной» предназначен для реализации специфичного выходного протокола под конкретного заказчика

Пропуск выходных пакетов данных

Устанавливается пропуск выходных данных, актуально для фильтрованных и навигационных данных. При выдаче данных с датчиков использование пропуска может дать алиайзинг (появление ложной низкочастотной разностной частоты). 0 – пропуск выключен.

Скорость обмена дополнительного порта

Значение регистра	Скорость, бит/с
0	921 600
1	460 800
2	230 400
3	115 200
4	1 000 000
5	2 000 000
6	3 000 000
7	4 000 000
8	500 000
9	57 600
10	38400
11	19200
12	9600

Диапазон магнетометра

Значение регистра	Диапазон измерения, мТл (Гаусс)
0	± 0,8 (± 8)

Тип входа внешней синхронизации

Значение регистра	Тип синхронизации
0	Значение входа отражается в статусе бит 0 (длительность сигнала должна быть более 1 мс)
1	Прием сигнала секундной метки от внешнего устройства. Фиксация по прерыванию.
2	Выдача данных по импульсу
3	Счетчик входных сигналов. Инкремент на каждый импульс. Работает по прерыванию.

Внимание! При получении пакета типа 0x07 (запись параметров), производится запись настраиваемых параметров в энергонезависимую память. Таким образом, настроенное устройство сохраняет параметры после сброса питания. Ответ 0x00 посылается после записи. Время записи может достигать 1000 мс, в это время устройство не производит измерения.

Примечание - Данные зарезервированных полей не влияют на работу устройства.

7.5 Параметры наборного пакета данных МГ

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x26
Длина поля данных	0

Запись/Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x27
Длина поля данных	0x40
Количество параметров в наборном пакете Диапазон [0, 63]	uint8
Тип параметра 0	uint8
***	***
Тип параметра 63	uint8

«Количество параметров в наборном пакете» устанавливает количество выдаваемых параметров в пакете с типом 0x13, максимально можно сформировать пакет из 64 параметров. Не используемые поля типы параметров могут иметь любое значение.

Типы параметров представлены в таблице ниже:

Идентификатор типа параметра	**Название переменной**	**Описание**
0	status	статусное слово
1	sample_cnt	счетчик сэмплов (от 0 до 2^{16})
2	nax	оси X, Y, Z акселерометра в кодах АЦП
3	nay	
4	naz	
5	nwx	угловая скорость осей X, Y, Z в кодах АЦП
6	nwy	
7	nwz	
8	nta	температура акселерометра в кодах АЦП
9	ntx	температура ДУС по осям X, Y, Z в кодах АЦП
10	nty	
11	ntz	
12	nmagx	магнитное поле осей X, Y, Z в кодах АЦП
13	nmagy	
14	nmagz	
15..17		резерв
18	ax	калиброванное значение осей X, Y, Z акселерометра
19	ay	
20	az	
21	wx	калиброванное значение угловой скорости осей X, Y, Z
22	wy	
23	wz	
24	ta	температура акселерометра в °C

Идентификатор типа параметра	Название переменной	Описание
25	tx	температура ДУС по осям X, Y, Z в °C
26	ty	
27	tz	
28	magx	магнитное поле осей X, Y, Z после наложения калибровочных коэффициентов
29	magy	
30	magz	
31..33		резерв
34	alfa	угол alfa инклинометра (между осью X и горизонтом)
35	beta	угол beta инклинометра (между осью Y и горизонтом)
36	pitch	угол тангажа ориентации
37	roll	угол крена ориентации
38	yaw	угол курса ориентации
39	q0	q0 кватерниона ориентации
40	q1	q1 кватерниона ориентации
41	q2	q2 кватерниона ориентации
42	q3	q3 кватерниона ориентации

Внимание! Выбор параметра для посылки не приводит к его расчету алгоритмом. То есть, например, при выборе параметров, связанных с ориентацией, необходимо также, чтобы был выбран алгоритм, подразумевающий вычисление углов ориентации.

Примечание – Параметры наборного пакета, по умолчанию, выдаются в типом float (4 байта), если не указано иное.

7.6 Запрос данных

Если в регистре параметров ДЕЛ = 0 – выдача данных по запросу – получение данных производится посылкой следующего запроса:

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x17
Длина поля данных	0

Ответом является тип данных, заданный в параметрах.

7.7 Наборы данных

Наборы задаются в регистре ***«Настройка изделия»*** в поле «***Наборы данных»***.

Рекомендуется пользоваться наборным пакетом.

7.7.1 Выдача кодов АЦП

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0A
Длина поля данных		0x20
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометра в кодах АЦП	X	uint32
	Y	uint32
	Z	uint32
Сигнал угловой скорости в кодах АЦП	X	uint32
	Y	uint32
	Z	uint32
Сигнал температуры акселерометра в кодах АЦП		int16
Сигнал температуры датчика угловой скорости, приведенный к °С	X	int16
	Y	int16
	Z	int16
Сигнал магнитного поля в кодах АЦП	X	int32
	Y	int32
	Z	int32

7.7.2 Выдача калиброванных данных с датчиков

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0B
Длина поля данных		0x38
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометра, приведенный к g или м/с^2	X	float32
	Y	float32
	Z	float32

Сигнал датчиков угловой скорости, приведенный к °/с	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал температуры акселерометра, приведенный к °С		float32
Сигнал температуры датчика угловой скорости, приведенный к °С	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал магнитометра после наложения калибровочных коэффициентов	X	float32
	Y	float32
	Z	float32

7.7.3 Ориентация

Алгоритм ориентации выбирается в регистре «Настройка изделия» поле «Набор данных»

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x0C
Длина поля данных	0x10
Счетчик пакетов	uint16
Статус данных	uint16
Тангаж	float32
Крен	float32
Курс	float32

7.7.4 Данные инклинометра

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x0D
Длина поля данных	0x0C
Счетчик пакетов	uint16
Статус данных	uint16
Альфа	float32
Бета	float32

7.7.5 Наборный пакет данных

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x13
Длина поля данных	0x4 – 0xFF
Параметр 1	float32[1)]
***	***
Параметр 63	float32

Набор и количество параметров задается пакетом «Параметры наборного пакета данных МГ».

Примечание: 1) По умолчанию представление параметра float32, если не сказано иное.

7.7.6 Пользовательский алгоритм

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x0B
Длина поля данных		0x20
Счетчик пакетов		uint16
Статус данных		uint16
Сигнал акселерометра, приведенный к g или м/с^2	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал датчиков угловой скорости, приведенный к °/с	X	float32
	Y	float32
	Z	float32
Сигнал температуры акселерометра, приведенный к °С		float32

Для пользовательского алгоритма выходной сигнал синхронизации (9 бит поля настройки типа выходного сигнала синхронизации (п. 7.4)) может быть настроен на:

1) 0:

– 0 → 1 – после приема данных с датчиков и поступления их в программный блок калибровки (время работы блока калибровки – от 90 до 150 мкс);

– 1 → 0 – после завершения передачи данных по основному порту;

2) 1: Состояние вых. синхронизации меняется каждый раз при поступлении данных в программный блок калибровки.

7.8 Компенсация смещения датчиков угловой скорости

Команда записывает в флеш-память смещение нуля в кодах АЦП.

7.8.1 Получение коэффициентов смещения датчиков угловой скорости.

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x1D
Длина поля данных	0

Ответ

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x1E
Длина поля данных		12
ДУС	x	int32_t
	y	int32_t
	z	int32_t

7.8.2 Запись коэффициентов смещения датчиков угловой скорости.

Запрос

Назначение		Заполнение
Тип пакета		0x1E
Длина поля данных		12
ДУС	x	int32_t
	y	int32_t
	z	int32_t

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x1D
Длина поля данных	0

Коэффициенты записываются в флэш-память.
Внимание! Коэффициенты применяются до калибровки.

7.8.3 Накопление и вычисление коэффициентов смещения гироскопов.

Запрос

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x1C
Длина поля данных	4
samples	uint32_t

Ответ

Назначение	Заполнение
Тип пакета	0x00
Длина поля данных	0

При получении данной команды устройство последовательно для каждого диапазона накапливает по samples значений угловых скоростей гироскопов. Затем производится усреднение полученных значений, вычисление значения смещения исходя из калибровки, расчет значения смещения в кодах АЦП, запись во флэш-память. Алгоритм работает таким образом, чтобы из значения угловой скорости после калибровки исключить постоянную составляющую. Во время работы алгоритма устройство не посылает данные и не отвечает.

8 Приложение А

(справочное)

Пример расчета контрольной суммы на языке С

8.1 Таблица

```
static uint32_t crc32_tab[] = {
        0x00000000, 0x77073096, 0xee0e612c, 0x990951ba, 0x076dc419, 0x706af48f,
        0xe963a535, 0x9e6495a3, 0x0edb8832, 0x79dcb8a4, 0xe0d5e91e, 0x97d2d988,
        0x09b64c2b, 0x7eb17cbd, 0xe7b82d07, 0x90bf1d91, 0x1db71064, 0x6ab020f2,
        0xf3b97148, 0x84be41de, 0x1adad47d, 0x6ddde4eb, 0xf4d4b551, 0x83d385c7,
        0x136c9856, 0x646ba8c0, 0xfd62f97a, 0x8a65c9ec, 0x14015c4f, 0x63066cd9,
        0xfa0f3d63, 0x8d080df5, 0x3b6e20c8, 0x4c69105e, 0xd56041e4, 0xa2677172,
        0x3c03e4d1, 0x4b04d447, 0xd20d85fd, 0xa50ab56b, 0x35b5a8fa, 0x42b2986c,
        0xdbbbc9d6, 0xacbcf940, 0x32d86ce3, 0x45df5c75, 0xdcd60dcf, 0xabd13d59,
        0x26d930ac, 0x51de003a, 0xc8d75180, 0xbfd06116, 0x21b4f4b5, 0x56b3c423,
        0xcfba9599, 0xb8bda50f, 0x2802b89e, 0x5f058808, 0xc60cd9b2, 0xb10be924,
        0x2f6f7c87, 0x58684c11, 0xc1611dab, 0xb6662d3d, 0x76dc4190, 0x01db7106,
        0x98d220bc, 0xefd5102a, 0x71b18589, 0x06b6b51f, 0x9fbfe4a5, 0xe8b8d433,
        0x7807c9a2, 0x0f00f934, 0x9609a88e, 0xe10e9818, 0x7f6a0dbb, 0x086d3d2d,
        0x91646c97, 0xe6635c01, 0x6b6b51f4, 0x1c6c6162, 0x856530d8, 0xf262004e,
        0x6c0695ed, 0x1b01a57b, 0x8208f4c1, 0xf50fc457, 0x65b0d9c6, 0x12b7e950,
        0x8bbeb8ea, 0xfcb9887c, 0x62dd1ddf, 0x15da2d49, 0x8cd37cf3, 0xfbd44c65,
        0x4db26158, 0x3ab551ce, 0xa3bc0074, 0xd4bb30e2, 0x4adfa541, 0x3dd895d7,
        0xa4d1c46d, 0xd3d6f4fb, 0x4369e96a, 0x346ed9fc, 0xad678846, 0xda60b8d0,
        0x44042d73, 0x33031de5, 0xaa0a4c5f, 0xdd0d7cc9, 0x5005713c, 0x270241aa,
        0xbe0b1010, 0xc90c2086, 0x5768b525, 0x206f85b3, 0xb966d409, 0xce61e49f,
        0x5edef90e, 0x29d9c998, 0xb0d09822, 0xc7d7a8b4, 0x59b33d17, 0x2eb40d81,
        0xb7bd5c3b, 0xc0ba6cad, 0xedb88320, 0x9abfb3b6, 0x03b6e20c, 0x74b1d29a,
        0xead54739, 0x9dd277af, 0x04db2615, 0x73dc1683, 0xe3630b12, 0x94643b84,
        0x0d6d6a3e, 0x7a6a5aa8, 0xe40ecf0b, 0x9309ff9d, 0x0a00ae27, 0x7d079eb1,
        0xf00f9344, 0x8708a3d2, 0x1e01f268, 0x6906c2fe, 0xf762575d, 0x806567cb,
        0x196c3671, 0x6e6b06e7, 0xfed41b76, 0x89d32be0, 0x10da7a5a, 0x67dd4acc,
        0xf9b9df6f, 0x8ebeeff9, 0x17b7be43, 0x60b08ed5, 0xd6d6a3e8, 0xa1d1937e,
        0x38d8c2c4, 0x4fdff252, 0xd1bb67f1, 0xa6bc5767, 0x3fb506dd, 0x48b2364b,
        0xd80d2bda, 0xaf0a1b4c, 0x36034af6, 0x41047a60, 0xdf60efc3, 0xa867df55,
        0x316e8eef, 0x4669be79, 0xcb61b38c, 0xbc66831a, 0x256fd2a0, 0x5268e236,
        0xcc0c7795, 0xbb0b4703, 0x220216b9, 0x5505262f, 0xc5ba3bbe, 0xb2bd0b28,
        0x2bb45a92, 0x5cb36a04, 0xc2d7ffa7, 0xb5d0cf31, 0x2cd99e8b, 0x5bdeae1d,
        0x9b64c2b0, 0xec63f226, 0x756aa39c, 0x026d930a, 0x9c0906a9, 0xeb0e363f,
        0x72076785, 0x05005713, 0x95bf4a82, 0xe2b87a14, 0x7bb12bae, 0x0cb61b38,
        0x92d28e9b, 0xe5d5be0d, 0x7cdcefb7, 0x0bdbdf21, 0x86d3d2d4, 0xf1d4e242,
        0x68ddb3f8, 0x1fda836e, 0x81be16cd, 0xf6b9265b, 0x6fb077e1, 0x18b74777,
        0x88085ae6, 0xff0f6a70, 0x66063bca, 0x11010b5c, 0x8f659eff, 0xf862ae69,
        0x616bffd3, 0x166ccf45, 0xa00ae278, 0xd70dd2ee, 0x4e048354, 0x3903b3c2,
        0xa7672661, 0xd06016f7, 0x4969474d, 0x3e6e77db, 0xaed16a4a, 0xd9d65adc,
        0x40df0b66, 0x37d83bf0, 0xa9bcae53, 0xdebb9ec5, 0x47b2cf7f, 0x30b5ffe9,
        0xbdbdf21c, 0xcabac28a, 0x53b39330, 0x24b4a3a6, 0xbad03605, 0xcdd70693,
        0x54de5729, 0x23d967bf, 0xb3667a2e, 0xc4614ab8, 0x5d681b02, 0x2a6f2b94,
        0xb40bbe37, 0xc30c8ea1, 0x5a05df1b, 0x2d02ef8d
};
```

8.2 Функция

```
uint32_t crc32(uint32_t crc, const void *buf, size_t size)
{
	const uint8_t *p;

	p = buf;
	crc = crc ^ ~0U;

	while (size--)
		crc = crc32_tab[(crc ^ *p++) & 0xFF] ^ (crc >> 8);

	return crc ^ ~0U;
}
```

9 Лист регистрации изменений

№ п/п	Дата	Версия	Краткое содержание изменений	№№ изменяемых листов