

Михаил Гонин (г. Санкт-Петербург)

STM32F3DISCOVERY: КОМПАС НА ОТЛАДОЧНОЙ ПЛАТЕ ОТ STMICROELECTRONICS



Дано: 1. магнитометр и акселерометр в одном корпусе (*e-Compass*), основанные на MEMS-технологии, от STMicroelectronics. 2. Новое семейство 32-битных микроконтроллеров на основе ядра ARM® Cortex™-M4 от той же компании. Результат — электронный компас на отладочной плате **STM32F3DISCOVERY** для изучения принципов работы прецизионных MEMS-приборов STMicro и применения в виде готового решения в промышленной и бытовой электронике.

Датчики МЭМС (Микро-электро-механическая система) — это устройства, производимые по технологии, схожей с технологией производства обычных полупроводниковых элементов. Отличие заключается в том, что в МЭМС объединены электронная схема и механические, оптические или даже жидкостные элементы. В частности, к таким датчикам относятся акселерометры и магнетометры.

Акселерометр — датчик, позволяющий измерять линейное ускорение. Широко применяется в авиационных и морских приложениях, системах защиты, в устройствах автоматизации. В авиационной промышленности данные датчики могут использоваться для стабилизации полета и навигации ракет и самолетов. В системах автоматизации акселерометры могут применяться в навигационных системах, а также в качестве сенсоров в подушках безопасности. По принципу работы датчики ускорения можно разделить на две категории: емкостные и пьезорезистивные. На рисунке 1 изображена схема простейшего емкостного датчика ускорения, объясняющая принцип его работы.

Простейший емкостной датчик можно представить механической системой второго порядка, состоящей из тела массой m , пружины K и демфера η . Когда на систему действует внешнее ускорение, тело двигается в противоположную сторону ускорения. Подобное перемещение тела сказывается на системе из емкостей, которая образована из электродов, подключенных к телу и перемещающихся свободно, и неподвижных электродов, подключенных к подложке. Перемещение тела приводит к изменению емкости, по результатам измерения которого можно определить значение приложенного ускорения.

Простейшая схема пьезорезистивного датчика ускорения изображена на рисунке 2. Принцип работы заключается в следующем: на верхнюю поверхность датчика нанесены пьезорезистивные слои (на рисунке обозначены черным), которые электрически соединены так, чтобы образовался измерительный мост. Когда на систему начинает действовать внешнее ускорение, тонкая подложка начинает изгибаться под действием массы тела, прикрепленного к ней. Деформация подложки приводит к изменению сопротивления пьезорезистивных слоев. Электрическая схема измеряет это изменение. По его величине можно определить направление и значение приложенного ускорения. При производстве акселерометров особое внимание уделяется точности технологического процесса и материалам, из которых выполнены механические части датчиков. Ведь изменение массы и расположения механических частей от датчика к датчику может существенно сказываться на точности измерений.

В настоящее время производители акселерометров предлагают огромное количество вариантов исполнения датчиков данного типа. Существуют датчики с аналоговым выходом, а также с

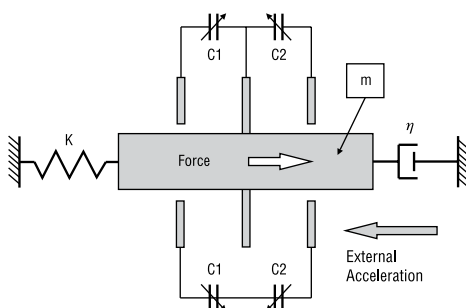


Рис. 1. Схема емкостного датчика ускорения

цифровыми интерфейсами, к примеру, SPI и I²C.

Современные акселерометры компании STMicroelectronics способны измерять ускорения до $\pm 400g$ с высокой разрешающей способностью (до 16 бит) и очень низким энергопотреблением. Портфолио акселерометров STMicroelectronics, предназначенных для массового рынка, состоит из двух линеек — для автомобильного и промышленного сегмента. Автомобильные акселерометры — **AIS326DQ** и **AIS328DQ**. Промышленные — **LIS331x** и **LIS3Dx**.

Магнитометры — датчики, способные измерять магнитное поле Земли по нескольким осям. Они находят применение в потребительской электронике, портативных устройствах и навигационном оборудовании, добавляя в перечень их потребительских характеристик такую интересную функцию, как компас. Среди разнообразных технологий производства магнитных датчиков наибольшее распространение получила технология AMR (анизотропная магниторезистивная). Данная технология позволяет совместить такие важные параметры, как высокая разрешающая способность и точность, и при этом иметь очень низкое энергопотребление. На рисунке 3 изображена упрощенная

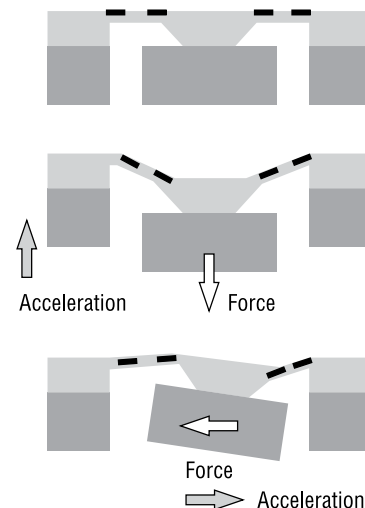


Рис. 2. Схема работы пьезорезистивного датчика ускорения

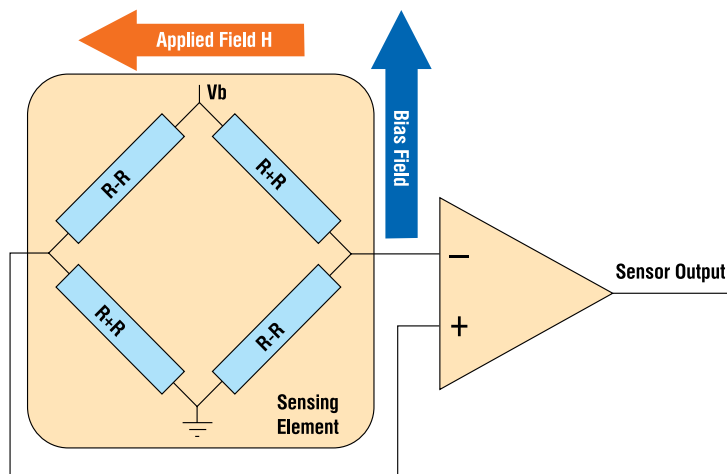


Рис. 3. Принцип работы магнитометра

схема работы данного датчика. В качестве чувствительного элемента используется измерительный мост, образованный из магниторезистивных проводников, сопротивление которых изменяется при приложении внешнего магнитного поля перпендикулярно току, протекающему через проводник. Измерение величины изменения сопротивления позволяет определить величину приложенного магнитного поля. Компания STMicro производит магнитометры в одном корпусе с акселерометром, называя свой продукт **e-Compass**. Обозначения таких изделий начинаются с **LSM303Dx**.

Линейка микроконтроллеров STM32F3

Линейка **STM32F3** — это 32-битные микроконтроллеры на основе ядра ARM® Cortex™-M4 с поддержкой функций DSP и с модулем FPU для вычислений с плавающей точкой. Данные микроконтроллеры способны работать на частоте до 72 МГц.

Микроконтроллеры этой серии объединяют в себе высокопроизводительный процессор с обширным набором цифровых интерфейсов, быстрый 12-битный АЦП с частотой выборки до 5MSPS, прецизионный 16-битный сигма-дельта АЦП, усилители с программируемым коэффициентом усиления, быстрые 50 нс компараторы. Такой обширный набор модулей и периферии позволяет использовать эти микроконтроллеры в таких областях применения, как измерительное оборудование и системы, медицинские приборы, промышленные контроллеры, счетчики электроэнергии, измерение и обработка сигналов с различных датчиков.

Данное семейство микроконтроллеров состоит из двух линеек: STM32F30x и STM32F37x (рисунок 4).

Основные характеристики **STM32F30x**:

- Cortex-M4 – DSP – FPU;
- Fmax = 72 МГц;
- до 256 кбайт FLASH;
- до 40 кбайт SRAM;
- 8 кбайт CCM-SRAM;
- напряжение питания от 2 до 3,6 В. У некоторых контроллеров возможно питание от 1,8 В±8%;
- два 16 бит таймера с МС, работающих на 144 МГц;
- до 87 быстрых IO (АНВ);
- -40...105°C;
- Корпуса LQFP 48/64/100

Основные характеристики **STM32F37x**:

- Cortex-M4 – DSP – FPU;
- Fmax = 72 МГц;
- до 256 кбайт FLASH;
- до 32 кбайт SRAM;
- напряжение питания от 2 до 3,6 В. У некоторых возможно питание от 1,8 В±8%;
- 3 x 16 бит дельта-сигма АЦП;
- до 84 быстрых IO (АНВ);

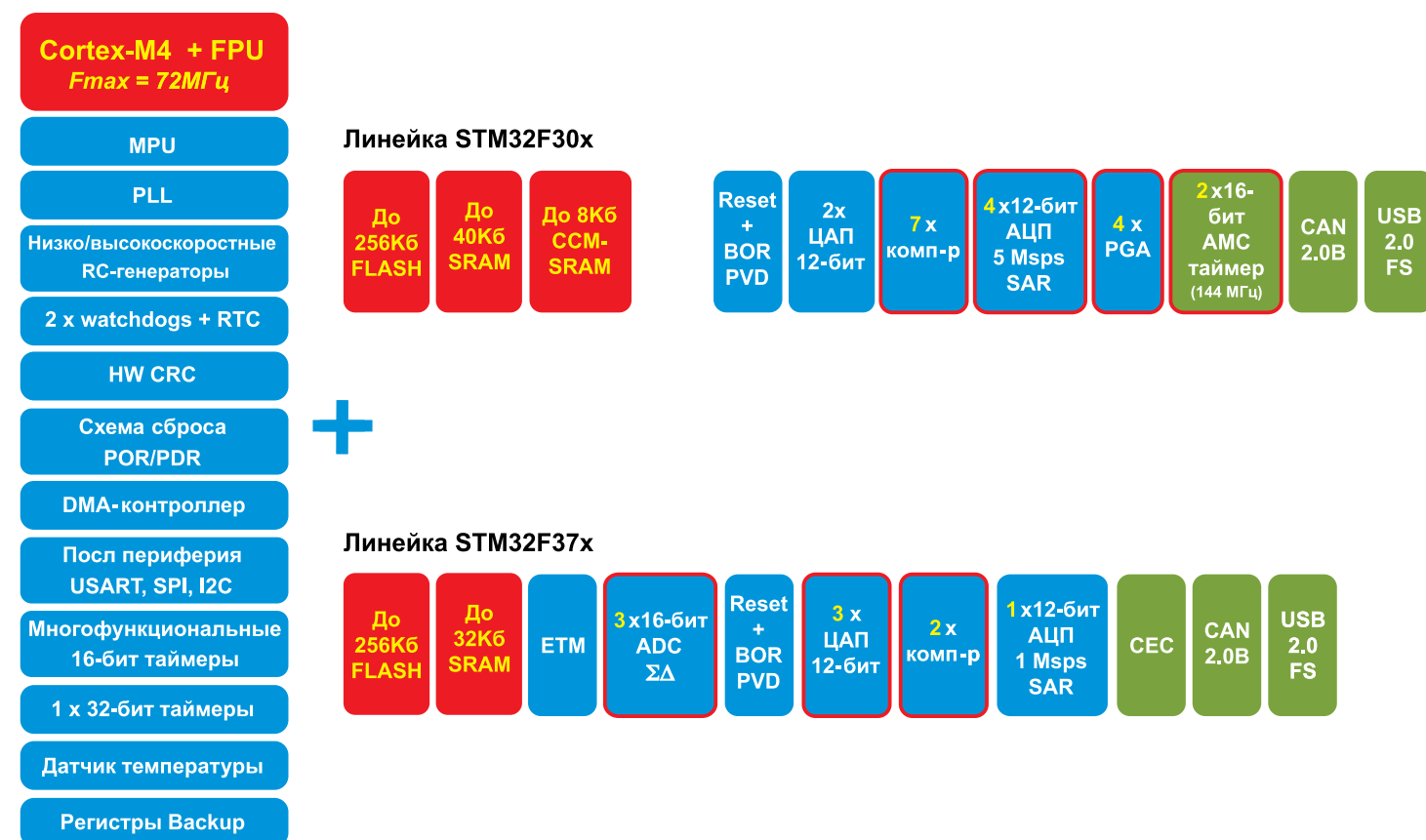


Рис. 4. Микроконтроллеры STM32F3

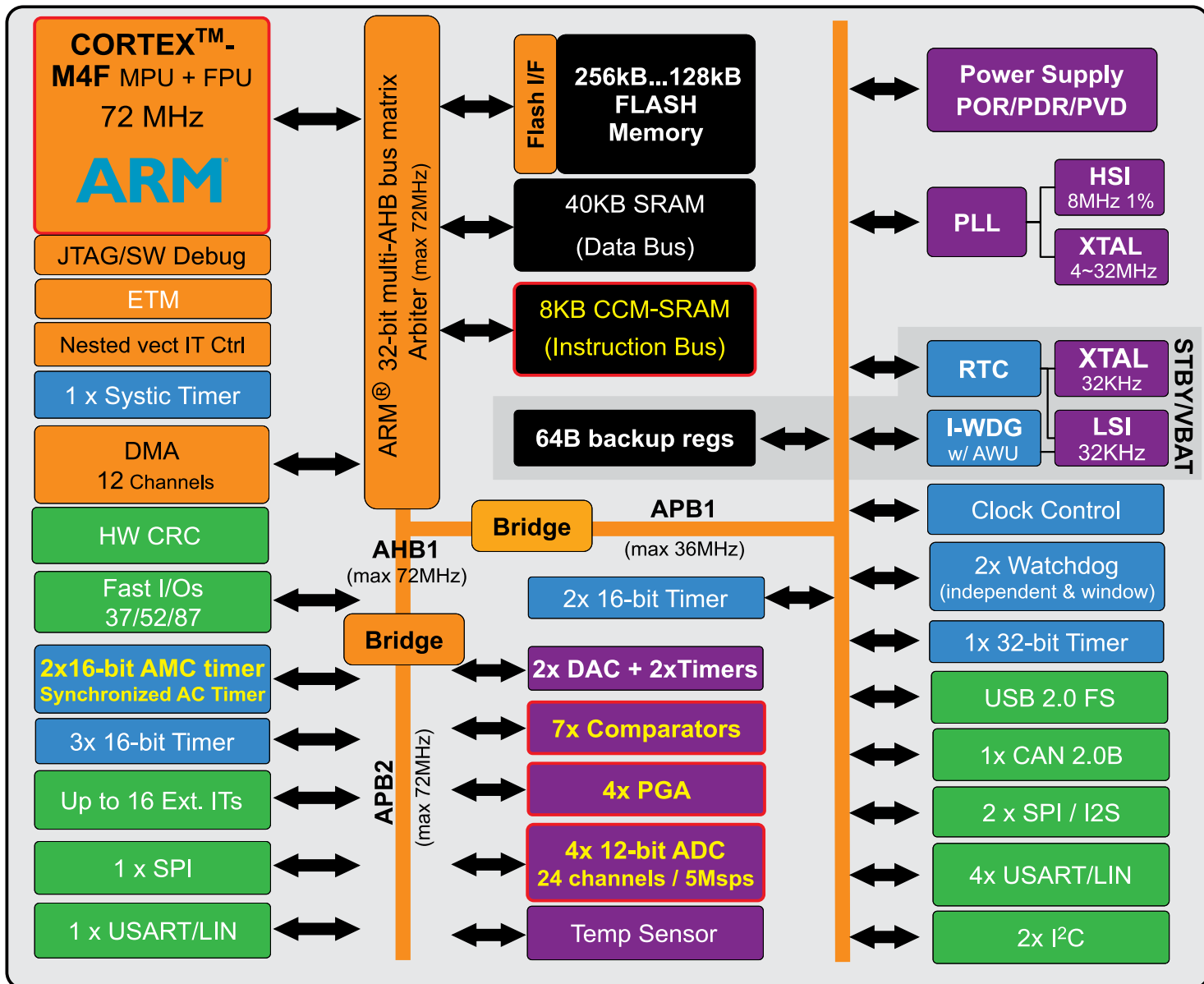


Рис. 5. Структурная схема STM32F30x

- -40...105°C;
- корпуса LQFP 48/64/100 BGA100.

Для быстрого освоения работы микроконтроллеров серии STM32F3 компания STMicroelectronics предлагает отладочную плату **STM32F3DISCOVERY** (рисунок 7).

Основные характеристики отладочной платы STM32F3DISCOVERY:

- контроллер **STM32F303VCT6**:
 - 256 кбайт FLASH
 - 48 кбайт RAM;
- две тактовые кнопки – Reset и кнопка пользователя;
- трехосевой MEMS-гироскоп с цифровым выходом **L3GD20**;
 - МЭМС e-Compass с трехосевым акселерометром и трехосевым магнитным датчиком **LSM303DLHC**;
- 10 светодиодов;
- разъем USB-OTG;
- порты микроконтроллера разведены на два разъема;
- в плату интегрирована схема программатора-отладчика ST-LINK/V2 с разъемом miniUSB.

- Требования к системе:**
- Windows PC (XP, Vista, 7)

- USB кабель тип-A – Mini-B
- На плате установлены две MEMS-микросхемы: трехосевой гироскоп L3GD20 и выполненные в одном корпусе трехосевой датчик ускорения и трехосевой датчик магнитного поля LSM303DLHC. Установленный на плате гироскоп L3GD20 (на рисунке 8 изображена блок-схема гироскопа) обладает следующими характеристиками:
- конфигурируемый диапазон измерений 250/500/2000 dps;
 - цифровой интерфейс для связи с контроллером I²C/SPI.;
 - данные выдаются в 16-битном формате;
 - встроенный 8-битный датчик температуры;
 - миниатюрный корпус LGA 16 с размерами всего 4x4x1 мм;
 - рабочий диапазон температур -40...85°C;
 - напряжение питания 2,4...3,6 В;
 - поддержка работы низковольтных цифровых интерфейсов (1,8 В);
 - наличие FIFO-буфера.
- К дополнительным плюсам платы STM32F3DISCOVERY можно отнести отдельный разъем, на который выведены сигналы программатора-отладчика ST-LINK/V2. Наличие этого разъема позволяет использовать отладочную плату как про-

грамматор для других устройств собственной разработки на основе контроллеров STMicroelectronics.

Для быстрого старта STMicro предоставляет пакет готовых приложений и примеров программ для контроллеров семейства **STM32F3**. В состав пакета **STSW-STM32118** входит 28 примеров программ и четыре проекта для различных сред разработки. Примеры приложений находятся в свободном доступе и доступны для скачивания с сайта по ссылке <http://www.st.com/web/en/catalog/tools/PF258154>.

Отладочная плата поставляется уже с загруженной демонстрационной программой. При нажатии на кнопку «User» происходит переключение между режимами работы восьми светодиодов, от простого мигания – до отображения углов наклона либо отображения направления на север.

В качестве примера рассмотрим реализацию компаса на отладочной плате STM32F3DISCOVERY, а также разберем программу для работы с интегральной MEMS микросхемой LSM303DLHC.

Начнем со схемы подключения **LSM303DLHC** к микроконтроллеру **STM32F303VCT6**. Напомним, что микросхема LSM303DLHC – это трехосевой акселерометр и трехосевой датчик магнитного поля, объединенные в одном корпусе

LGA-14. Блок-схема MEMS-ИС LSM303DLHC представлена на рисунке 9. Связь с микроконтроллером осуществляется при помощи двухпроводного интерфейса I²C, также в микросхеме предусмотрены два сигнала готовности данных: один – для датчика ускорения, другой – для датчика магнитного поля. Наличие таких сигналов позволяет упростить синхронизацию обмена данными между микроконтроллером и MEMS-микросхемой. Доступ к регистрам данных и настройкам регистров микросхемы LSM303DLHC осуществляется также через интерфейс I²C.

Для реализации компаса на отладочной плате STM32F3DISCOVERY нам потребуется организовать работу с датчиком магнитного поля и датчиком ускорения.

Акселерометру по умолчанию присвоен 7-битный адрес 0011001b – 32h. Данный адрес дополняется битом чтения-записи. Если бит чтения-записи равен 1, то происходит вычитывание данных из регистров датчика ускорения, если он равен 0 – запись: 00110011 (33h) – чтение из регистров, 00110010 (32h) – запись.

По умолчанию датчику магнитного поля присваивается 7-битный адрес 0011110xb. Причем младший бит в поле адреса (обозначен «x») отвечает за тип операции, 1 в млад-

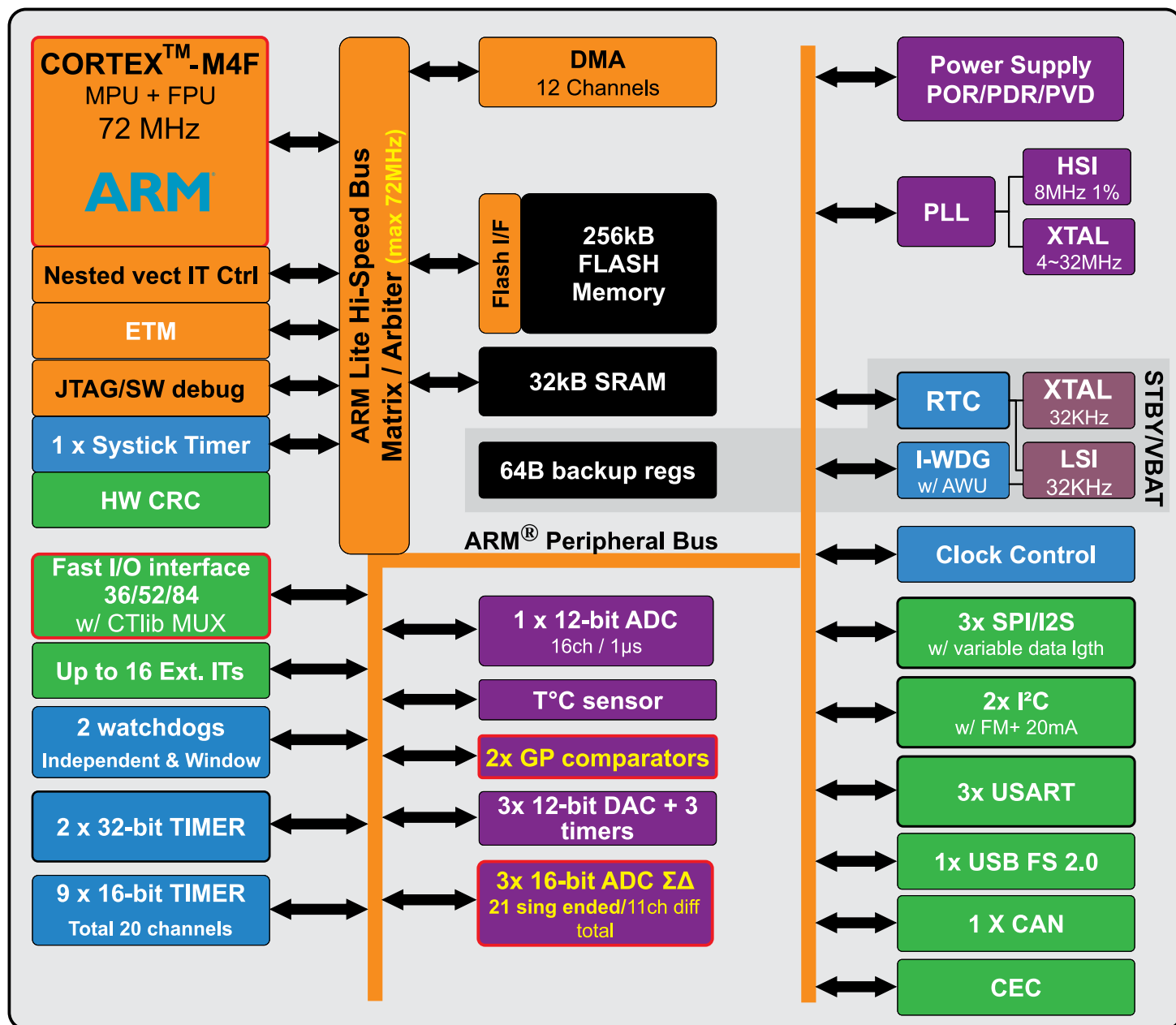


Рис. 6. Структурная схема STM32F37x

шем бите отвечает за операцию чтения (00111101b – 3Dh), 0 – запись (00111101b – 3Ch).

В цифровом интерфейсе магнитного датчика используется счетчик адреса, который показывает, в какой регистр планируется осуществить запись или чтение. В целях уменьшения потока данных между микроконтроллером и магнитным датчиком, в микросхеме **LSM303DLHC** реализовано автоматическое увеличение данного счетчика без участия мастера (в данном случае контроллера **STM32F303VCT6**). Изменение значения счетчика адреса происходит по следующим правилам: если значение счетчика становится равным 12 или выше – происходит сброс счетчика адреса в 0. Если значение счетчика адреса достигает значения 8, счетчик принимает значение равное 3. Во всех остальных случаях при каждом запросе к датчику происходит увеличение счетчика адреса на 1. Значение счетчика адреса нельзя вычитать по интерфейсу I²C.

В датчике магнитного поля можно настроить частоту выдачи данных, коэффициент усиления, а также режим работы датчика. Задание параметров происходит путем записи нужных данных в регистры: **CRA_REG_M** (адрес 00h), **CRB_REG_M** (адрес 01h), **MR_REG_M** (адрес 02h).

В регистре **CRA_REG_M** (адрес 00h) задается частота выдачи данных:

0	0	0	DO2	DO1	DO0	0	0
---	---	---	-----	-----	-----	---	---

Для корректной работы 0, 1, 5, 6, 7 биты должны быть всегда записаны 0. Биты DO2...DO0 задают частоту выдачи данных, значение по умолчанию (100) – см. таблицу 1.

В регистре **CRB_REG_M** (адрес 01h) задается коэффициент усиления для всех каналов измерения:

GN2	GN1	GN0	0	0	0	0	0
-----	-----	-----	---	---	---	---	---

Биты с 0 по 4 должны быть обязательно заполнены нулями – см. таблицу 2.

В регистре **MR_REG_M** (адрес 02h) задается режим работы датчика магнитного поля:

0	0	0	0	0	0	MD1	MD0
---	---	---	---	---	---	-----	-----

Биты с 2 по 7 должны быть обязательно заполнены нулями – см. таблицу 3.

В регистрах **OUT_X_H_M** (адрес 03h), **OUT_X_LH_M** (адрес 04h) хранятся данные о величине магнитного поля вдоль оси X.

В регистрах **OUT_Z_H_M** (адрес 05h), **OUT_Z_LH_M** (адрес 06h) хранятся данные о величине магнитного поля вдоль оси Z.

В регистрах **OUT_Y_H_M** (адрес 07h), **OUT_Y_LH_M** (адрес 08h) хранятся данные о величине магнитного поля вдоль оси Y.

Помимо данных о величине магнитного поля для расчетов нам потребуются данные о величине углов наклона относительно оси Z. (Здесь и в дальнейшем под осью Z будет пониматься ось, перпендикулярная плоскости отладочной платы). Данные об углах нужны, так как зачастую плата может находиться не на идеально ровной горизонтальной поверхности, и эти отклонения стоит учесть в дальнейших расчетах.

Для расчета углов отклонения нам потребуется вычитать значения из регистров датчика ускорения. Дадим описание основным из них, которые затем наиболее часто будут встречаться в тексте программы. Более подробные сведения обо всех остальных регистрах можно найти в техническом описании на микросхему **LSM303DLHC**.

Регистр **CTRL_REG4_A** (адрес 23h) – один из регистров настройки работы акселерометра:

BDU	BLE	FS1	FS0	HR	0	0	SIM
-----	-----	-----	-----	----	---	---	-----

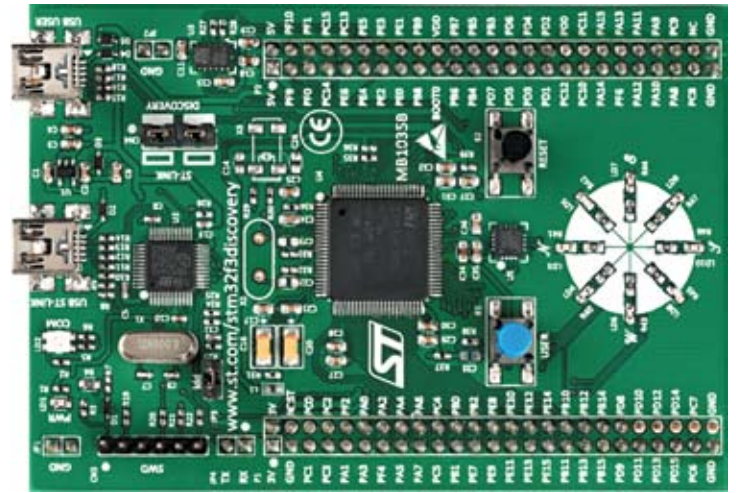


Рис. 7. Отладочная плата **STM32F3DISCOVERY**

В регистрах **OUT_X_L_A** (адрес 28h), **OUT_X_H_A** (адрес 29h) хранятся данные о величине ускорения вдоль оси X.

В регистрах **OUT_Y_L_A** (адрес 2Ah), **OUT_Y_H_A** (адрес 2Bh) хранятся данные о величине ускорения вдоль оси Y.

В регистрах **OUT_Z_L_A** (адрес 2Ch), **OUT_Z_H_A** (адрес 2Dh) хранятся данные о величине ускорения вдоль оси Z.

Теперь разберем пример программы, позволяющей реализовать компас на отладочной плате **STM32F3DISCOVERY**. За основу был взят исходный код демонстрационной программы, архив с исходными кодами и библиотеками для работы с контроллером **STM32F3** был скачан с официального сайта компании **STMicroelectronics**.

Далее будут даны функции для работы с микросхемой **LSM303DLHC** и функции для расчета углов и величины магнитного поля. В листинге 1 и 2 отображены функции для чтения данных из акселерометра и магнитометра микросхемы **LSM303DLHC**.

Листинг 1. Функция для чтения данных акселерометра

```
void Demo_CompassReadAcc(float* pfData)
{
    int16_t pnRawData[3];
    uint8_t ctrlx[2];
    uint8_t buffer[6], cDivider;
    uint8_t i = 0;
    float LSM_Acc_Sensitivity = LSM_Acc_Sensitivity_2g;
    /* Вычитываем значение регистра контроля микросхемы LSM303 и также значения 6 регистров данных (по 2 регистра на каждую ось X, Y, Z)*/
    LSM303DLHC_Read(ACC_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_CTRL_REG4_A, ctrlx, 2);
    LSM303DLHC_Read(ACC_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_X_L_A, buffer, 6);
    ...
    /*Вычисление ускорения по трем осям*/
    for(i=0; i<3; i++)
        pfData[i] = (float)pnRawData[i]/LSM_Acc_Sensitivity;
}
```

Листинг 2. Функция для чтения данных магнитометра

```
void Demo_CompassReadMag(float* pfData)
{
    static uint8_t buffer[6] = {0};
    uint8_t CTRLB = 0;
```

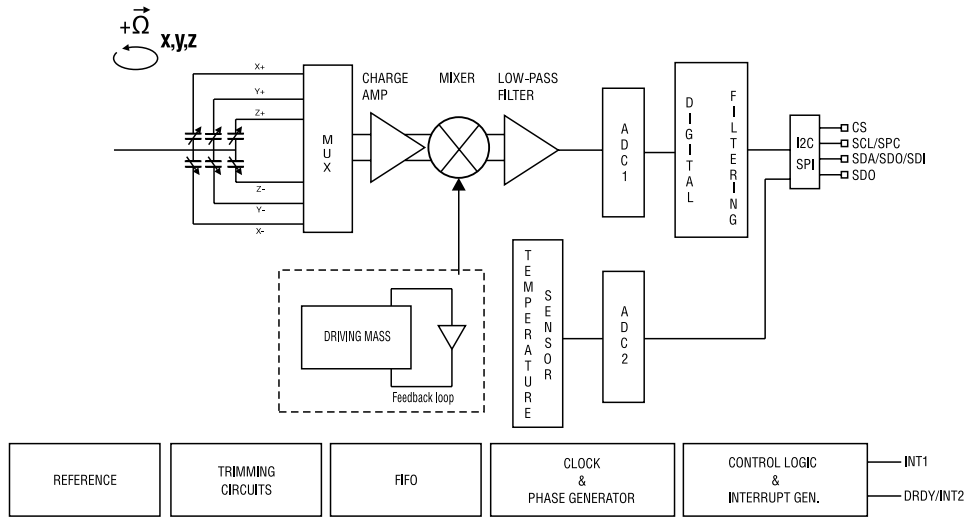


Рис. 8. Блок-схема гироскопа L3GD20

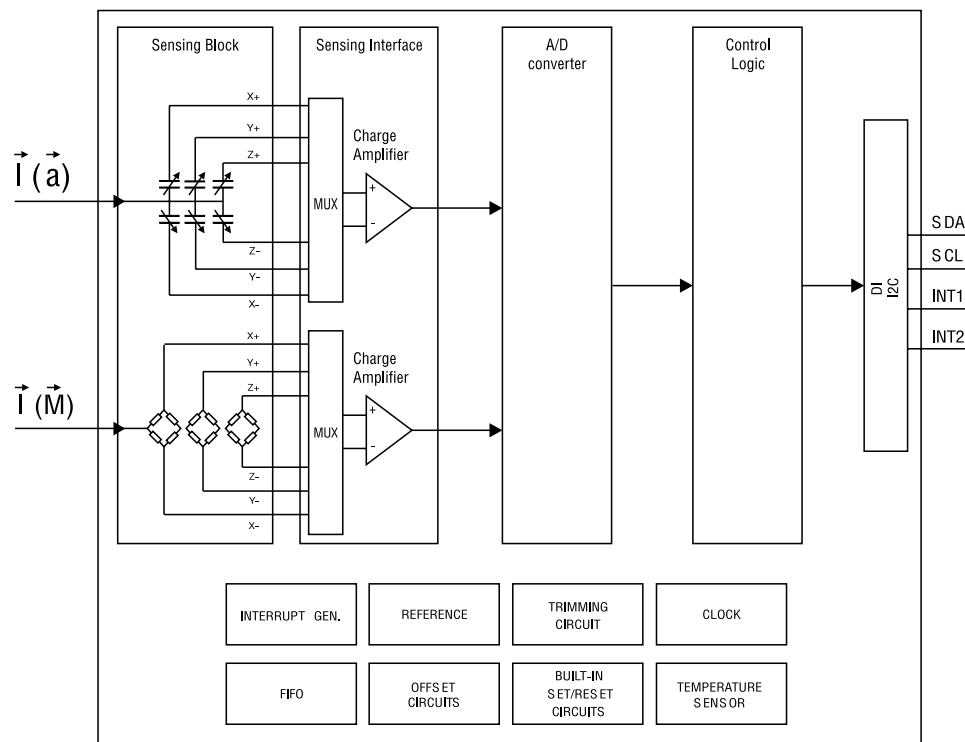


Рис. 9. Блок-схема LSM303DLHC

```
uint16_t Magn_Sensitivity_XY = 0, Magn_Sensitivity_Z = 0;
uint8_t i = 0;
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_CRB_REG_M, &CTRLB, 1);
```

```
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_X_H_M,
buffer, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_X_L_M,
buffer+1, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Y_H_M,
buffer+2, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Y_L_M,
buffer+3, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Z_H_M,
buffer+4, 1);
LSM303DLHC_Read(MAG_I2C_ADDRESS, LSM303DLHC_OUT_Z_L_M,
buffer+5, 1);
```

```
...
for(i=0; i<2; i++)
    pfData[i]=(float)((int16_t)
((uint16_t)buffer[2*i] << 8) +
buffer[2*i+1])*1000)/Magn_
Sensitivity_XY;
    pfData[2]=(float)((int16_t)
((uint16_t)buffer[4] <<
8) + buffer[5])*1000)/Magn_
Sensitivity_Z;
}
```

Алгоритм работы компаса

Чтобы реализовать компас на отладочной плате **STM32F3DISCOVERY**, нам потребуется вычислить угол(азимут) между направлением вектора магнитного поля земли и осью X магнитометра. Ось X выбрана для примера, для вычислений можно взять любую другую ось, изменения коснутся только вычислений. Итак, в простейшем случае, когда плата находится параллельно плоскости земли без наклона относительно оси Z, для вычисления азимута нам потребуются данные о величине магнитного поля вдоль осей X и Y магнитометра. Это проекции вектора магнитного поля земли на оси X и Y. Тогда для вычисления угла мы сможем воспользоваться простейшей тригонометрической формулой: $\arctg(Y/X)$, где Y и X – величины проекций на оси Y и X соответственно. Но если демонстрационная плата располагается под определенным углом к поверхности земли,

Таблица 1. Напряжение источника питания и пороговое напряжение для микросхем M41T83

DO2	DO1	DO0	Частота выдачи данных, Гц
0	0	0	0,75
0	0	1	1,5
0	1	0	3,0
0	1	1	7,5
1	0	0	15
1	0	1	30
1	1	0	75
1	1	1	220

Таблица 2. Задание коэффициента усиления в датчике магнитного поля

GN2	GN1	GN0	Диапазон измеряемого поля, Гс	Усиление X/Y и Z, LSB/Гс	Усиление Z, LSB/Гс	Диапазон выходных значений
0	0	1	±1,3	1100	980	0xF800–0x07FF (-2048–2047)
0	1	0	±1,9	855	760	
0	1	1	±2,5	670	600	
1	0	0	±4,0	450	400	
1	0	1	±4,7	400	355	
1	1	0	±5,6	330	295	
1	1	1	±8,1	230	205	

то в данной формуле необходимо использование и учет этого наклона. Для этих целей прекрасно подойдет встроенный в микросхему LSM303DLHC акселерометр. Потребуется данные об ускорении по каждой из осей. Эти данные позволят рассчитать углы крена и тангажа, которые впоследствии будут учитываться при вычислении направления на север.

Вычитывание данных из магнетометра и акселерометра происходит путем использования функций (расписаны в листингах 1 и 2):

```
Demo_CompassReadMag (MagBuffer) ;
Demo_CompassReadAcc (AccBuffer) ;
```

Для вычисления углов сначала производится расчет значения модуля ускорения:

```
fNormAcc=sqrt ((AccBuffer [0]*AccBuffer [0])+(AccBuffer [1]*AccBuffer [1])+(AccBuffer [2]*AccBuffer [2]));
```

Затем, используя стандартные тригонометрические формулы для расчета косинусов и синусов углов (зная значения длин катетов и гипотенузы), получаем выражения для углов крена (Roll) и тангажа (Pitch):

```
fSinRoll = -AccBuffer [1]/fNormAcc;
fCosRoll = sqrt(1.0 - (fSinRoll * fSinRoll));
```

```
fSinPitch = AccBuffer [0]/fNormAcc;
fCosPitch = sqrt(1.0 - (fSinPitch * fSinPitch));
```

Потом рассчитывается значение самих углов крена и тангажа:

```
RollAng = acos (fCosRoll) * 180/PI;
```

```
PitchAng = acos (fCosPitch) * 180/PI;
```

При этом в зависимости от знака синуса и косинуса необходимо прибавить 180 либо 360 градусов, чтобы угол оказался в нужном квадранте.

Зная величину углов крена и тангажа, можно внести соответствующие поправки в формулу для вычисления угла между осью X и направлением на север. Значение величины магнитного поля вдоль оси X с учетом поправок:

Таблица 3. Задание режима работы датчика магнитного поля

MD1	MD0	Режим работы
0	0	Режим непрерывного измерения
0	1	Режим единичного измерения
1	0	Спящий режим
1	1	Спящий режим

Таблица 4. Ячейки регистра CTRL_REG4_A

BDU	Значение по умолчанию 0. 0 – непрерывное обновление данных; 1 – данные не обновляются, пока происходит чтение из младшего или старшего байта данных
BLE	Порядок следования байтов (Big/little endian) 0 – LSB, 1 – MSB
FS1	Выбор полной шкалы измерения 00: ± 2G, 01: ± 4G, 10: ± 8G, 11: ± 16G
FS0	
HR	Режим высокого разрешения. По умолчанию 0 – отключен
SIM	Режим работы SPI интерфейса

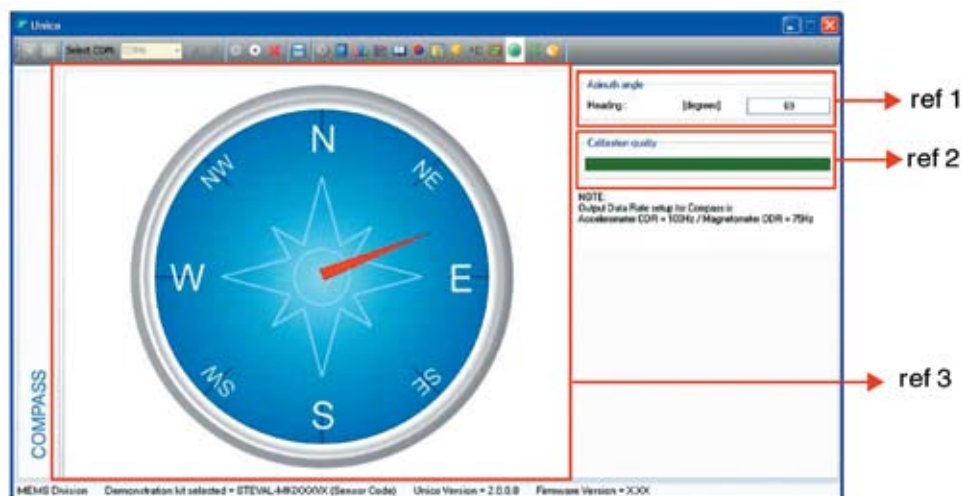


Рис. 10. Вкладка «Компас» программы UNICO GUI

```
fTiltedX = MagBuffer [0]*fCosPitch+MagBuffer [2]*fSinPitch;
```

Значение величины магнитного поля вдоль оси Y с учетом поправок:

```
fTiltedY=MagBuffer [0]*fSinRoll+fSinPitch+MagBuffer [1]*fCosRoll - MagBuffer [1]*fSinRoll*fCosPitch;
```

Вычисленное значение угла:

$$\text{HeadingValue} = (\text{float}) ((\text{atan2f}((\text{float}) \text{fTiltedY}, (\text{float}) \text{fTiltedX})) * 180) / \text{PI});$$


Для работы с демонстрационной платой можно воспользоваться специальной программой **Unico GUI**, разработанной компанией STMicroelectronics. Программа позволяет в графическом виде отобразить на экране монитора данные, полученные с помощью датчика ускорения и датчика магнитного поля. На рисунке 10 отображена одна из вкладок программы для демонстрации компаса.

В поле Ref1 отображается направление компаса в градусах. В поле Ref2 располагается цветная полоса статуса калибровки. В поле Ref3 данные компаса отображаются в графическом виде. Помимо отображения данных программа Unico GUI позволяет быстро настроить регистры акселерометра, магнетометра, гироскопа. Программа может работать с различными демонстрационными платами для МЭМС-микросхем. Подробное описание всех ее функций и возможностей находится в руководстве пользователя <http://www.st.com/st-web-ui/static/active/en/resource/>

technical/document/user_manual/CD00297387.pdf.

Заключение

Компания STMicroelectronics постоянно работает над усовершенствованием продукции, в частности, появляются новые линейки микроконтроллеров для новых, ранее не охваченных, рынков, улучшаются характеристики отдельных модулей микроконтроллера, появляются новые МЭМС-датчики с улучшенными характеристиками, с большей интеграцией. Например, в начале 2013 года компания вывела на рынок акселерометр + микроконтроллер Cortex-M0 в одном корпусе LGA 3x3x1 мм.

Отладочная плата STM32F3-DISCOVERY является наиболее оптимальным, бюджетным, быстрым и простым решением для изучения и внедрения в свои разработки контроллеров нового семейства STM32F3. Полезна она и для изучения принципов работы акселерометров, гироскопов и датчиков магнитного поля. 

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: sensors.vesti@compel.ru

STLQ015XG – LDO-регуляторы с ультранизким собственным потреблением



STLQ015XG – семейство линейных регуляторов напряжения с выходным током до 150 мА, отличающихся чрезвычайно низким собственным потреблением (от 1 нА) и малым допустимым падением напряжения между входом и выходом (от 112 мВ). Серия содержит регуляторы с различными фиксированными значениями выходного напряжения в диапазоне от 1,2 до 3,3 В с максимальным отклонением $\pm 2\%$. Уникальное сочетание параметров и невысокая стоимость позволяют стабилизаторам STLQ015XGxx быть вне конкуренции в сравнении со «стандартными» LDO-регуляторами.

Регуляторы STLQ015XG раскрывают весь свой потенциал в устройствах с автономным питанием. В этом случае становится возможным разряжать батарею практически до условного «нуля», извлекая энергию максимально эффективно и без потери стабильности работы всей схемы. Стабилизаторы STLQ015XG имеют встроенную схему ограничения выходного тока при коротком замыкании на выходе и защиту от внутреннего перегрева. Кроме расширенного рабочего температурного диапазона (от -40 до 125°C), стоит отметить, что LDO-регулятор STLQ015XG может храниться при экстремально низких температурах до -65°C. Все представители серии выпускаются в компактном 6-выводном корпусе SOT666-6L.

Если снизить требования к характеристикам стабилизатора, то можно использовать еще более бюджетный вариант – STLQ50xxx (50 мА) с током собственного потребления 3 мА и допустимым минимальным падением напряжения 200 мВ.



Поддержка разработчиков:
E-mail: st@compel.ru
www.compel.ru/projects-support

Компэл
www.compel.ru