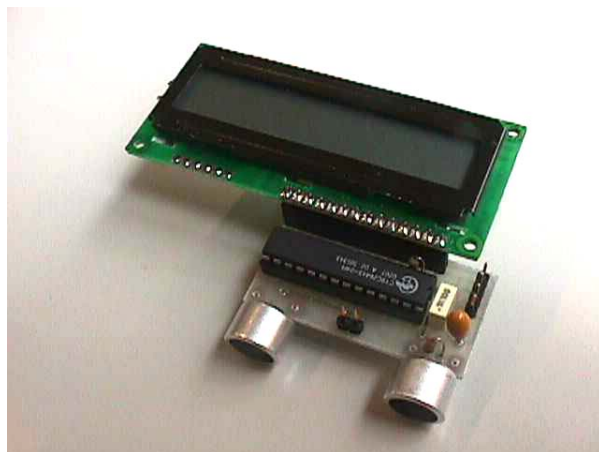
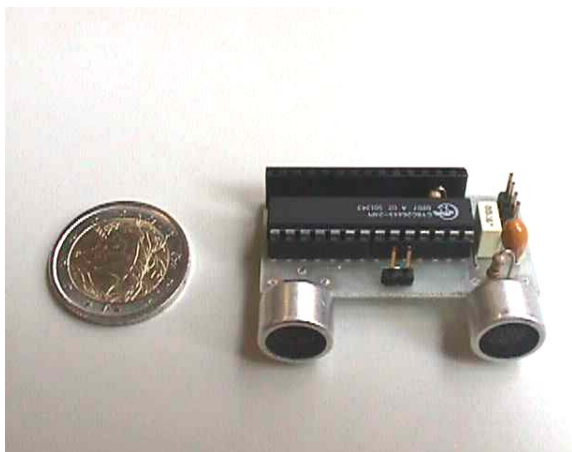


Измеритель дальности (AN2048: «PSoC RangeFinder»)



Этот проект представляет собой простой ультразвуковой измеритель дальности.

Для создания устройства необходимы только два ультразвуковых приемника-излучателя на 40 кГц, два резистора, две емкости, да сама PSoC-микросхема.

Обычно подобные устройства дюже нафаршированы. Использование PSoC-микросхем позволяет резко сократить обвязку, так как в микросхемах этого семейства («Программируемые-Системы-На-Кристалле») находятся цифровые и аналоговые модули, которые конфигурируются пользователем для решения конкретных задач.

Типичные применения данного устройства – это определение местоположений в робототехнике, измерение расстояний до объектов, бесконтактное определение уровней жидкости.

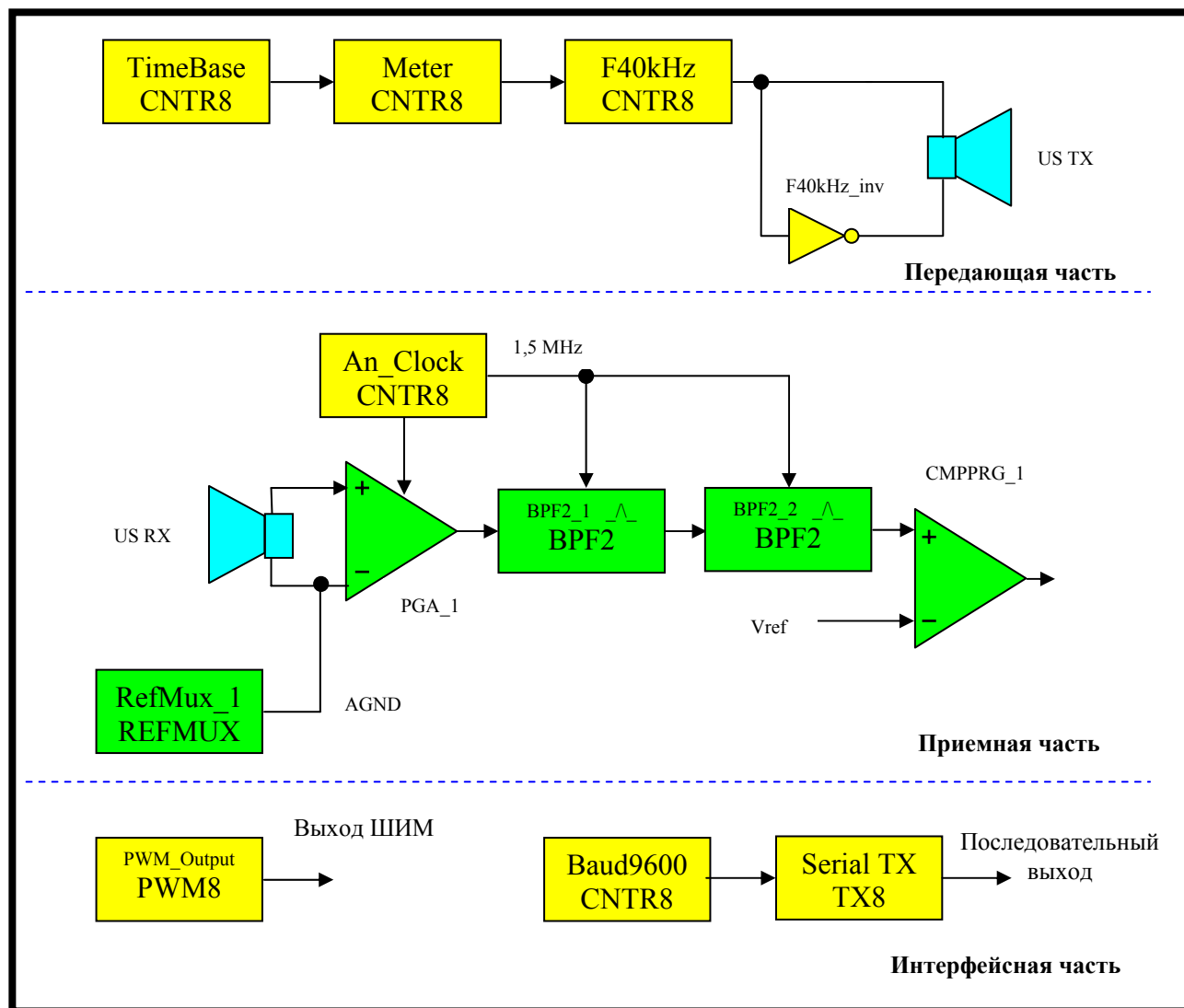


Рис.1: Блок-схема (желтые – цифровые модули, зеленые – аналоговые)

Главные фиши:

- Рабочая частота: 40 кГц
- Диапазон расстояний: 25 – 220 см
- Разрешение: 1 см
- Напряжение питания: 5 В
- Потребляемый ток: 25 мА (23 мА без LCD)
- Выходы: 1 ШИМ, 1 послед. канал с TTL уровнями (9600, n, 8, 1)
- Дополнительно может подключаться LCD дисплей со встроенным контроллером (2 строки по 16 символов)
- Программная калибровка
- Динамическое увеличение чувствительности приемника в процессе измерения

Конфигурация микроконтроллера

Используются следующие Модули Пользователя:

Цифровые модули

- CNTR8 8-битный счетчик
- TX8 8-битный передатчик для RS-232
- PWM8 8-битный ШИМ генератор
- DigInv Цифровой инвертор

Аналоговые модули

- PGA Усилитель с программируемым усилением
- BPF2 Два полосовых фильтра 2-го порядка
- CMPRG Компаратор с программируемым порогом
- RefMux Источник опорных напряжений

Другие модули

- Эмулятор EEPROM (программный)
- Модуль связи с LCD (программный)

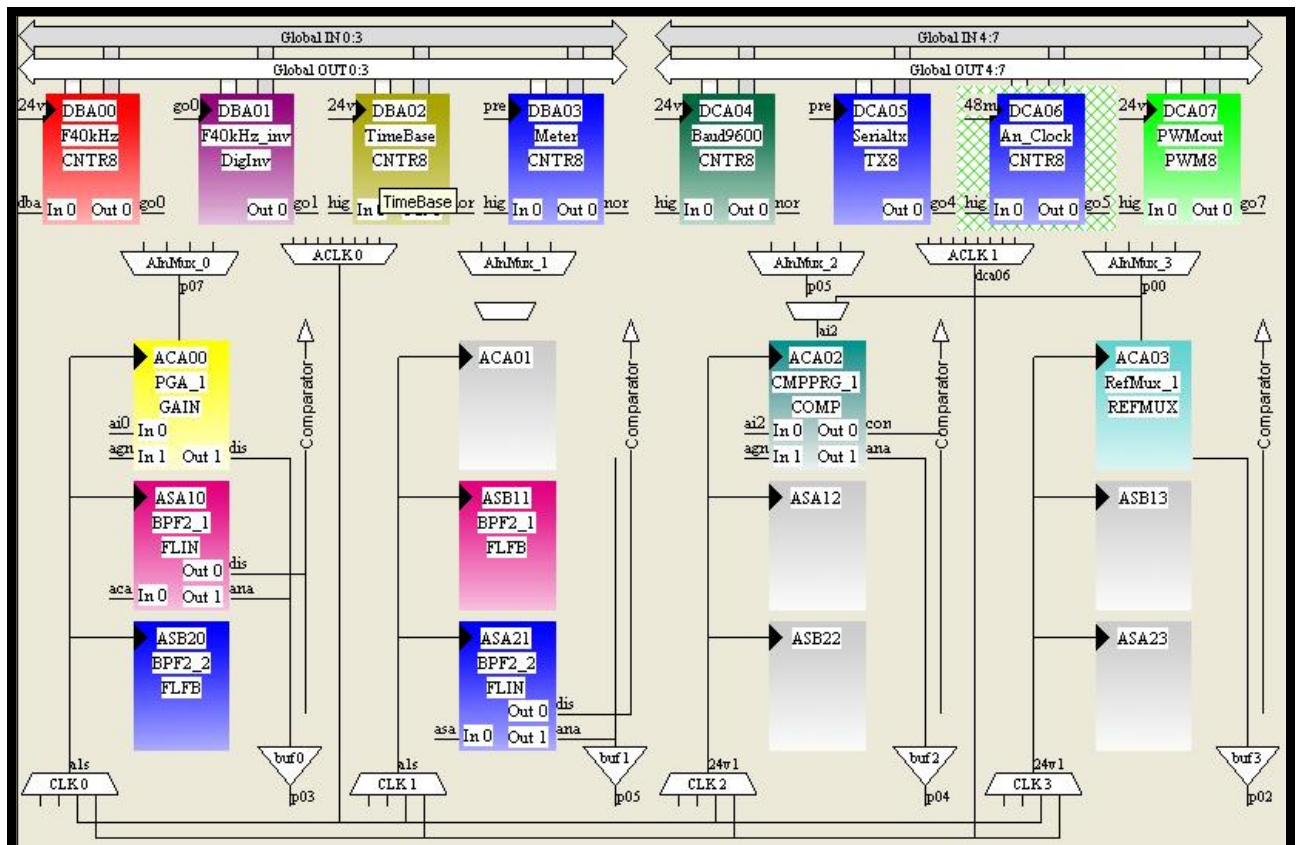


Рис 2: Расположение модулей внутри микросхемы

Передающая часть жидется на четырех цифровых блоках, расположенных на позициях DBA00, DBA01, DBA02 и DBA03. 8-битный счетчик «TimeBase» создает временные отсчеты 17240 Гц, частота которых выбрана из следующих соображений.

При температуре среды T [°C] скорость распространения звука в воздухе:

$$V = 331.4 + (0.6 \times T) \text{ [м/с]}$$

Для температуры 22 °C скорость звука будет равна:

$$V = 331.4 + (0.6 \times 22) = 344.6 \text{ м/с} = 34460 \text{ см/с}$$

Учитывая, что импульсы проходят двойной путь (туда и обратно) и требуется получать разрешение, равное 1 см, получим минимальную частоту для опроса состояния приемника (импульс пришел/не пришел):

$$f_{\text{Timebase}} = \frac{V}{1[\text{см}] \times 2} = 17.23 \text{ кГц}$$

Реально, с учетом внутренних тактовых частот и дискретности коэф. деления, имеем:

$$f_{\text{TimeBase}} = \frac{\langle 24V1 \rangle}{116} = \frac{2 \text{ МГц}}{116} = 17,24 \text{ кГц}$$

Ультразвуковой излучатель запитывается от выхода 8-битового счетчика «F40kHz» («плюсовой» конец) и инвертора «F40kHz_inv» («минусовой» конец), переворачивающего фазу выходного сигнала счетчика на 180°. Это позволяет получить амплитуду на излучателе, равную напряжению питания.

40 кГц посылка включается 8-битным счетчиком «Meter», изменяющим свои показания через интервал времени, соответствующий «звуковому» расстоянию в 1 см. На вход этого счетчика подается сигнал со счетчика «TimeBase» (17240 Гц).

«Холодный» конец приемника ультразвука посажен на аналоговую землю AGND (25-я ножка микросхемы, «P0_2»). Потенциал на этой ножке задается источником опорного напряжения «RefMux_1», размещенным в позиции АСА03. Сигнальный же конец приемника подключен ко входу усилителя «PGA_1». С выхода усилителя сигнал, пройдя два полосовых фильтра («BPF2_1» and «BPF2_2»), подается на компаратор «CMPPRG_1». Как только появляется 40 кГц сигнал, выход компаратора устанавливается в «1», сигнализируя управляющей программе о приходе отклика.

В интерфейсную часть входят два блока – 8-битный ШИМ генератор («PWMout») и передатчик для последовательного интерфейса («SerialTX»), который тактируется импульсами 9600 Гц, создаваемыми 8-битным счетчиком «Baud9600».

Аппаратная часть

Схема ультразвукового измерителя дальности чрезвычайно проста (рис.3). Самая важная деталь – это микросхема SY8C26443 фирмы Sурgress, взявшая на себя всю обработку сигнала.

Два конденсатора, С1 и С2, подавляют низко- и высокочастотные шумы в цепи питания.

Резистор R1 (100к) поддерживает напряжение аналоговой земли (+2,5В) на сигнальном входе микросхемы. Резистор R2 регулирует контрастность LCD индикатора.

Без индикатора устройство потребляет ток около 23 мА (от источника питания +5В), с индикатором – 25 мА.

Измеренное значение дальности выводится двумя путями: один – в виде ШИМ сигнала, второй – через последовательный интерфейс с TTL уровнями, которые с помощью дополнительной микросхемы, например, классической MAX232, могут быть приведены к уровням стандарта RS-232 и поданы на персональный компьютер, имеющий последовательный порт.

Параметры последовательного интерфейса – 9600, n, 8, 1, ШИМ выхода – приращение длительности импульса 5 мкс на каждый сантиметр дальности.

Дополнительно может подключаться LCD дисплей (2 строки по 16 символов) со встроенным контроллером, в этом случае резистором R2 регулируется его контрастность.

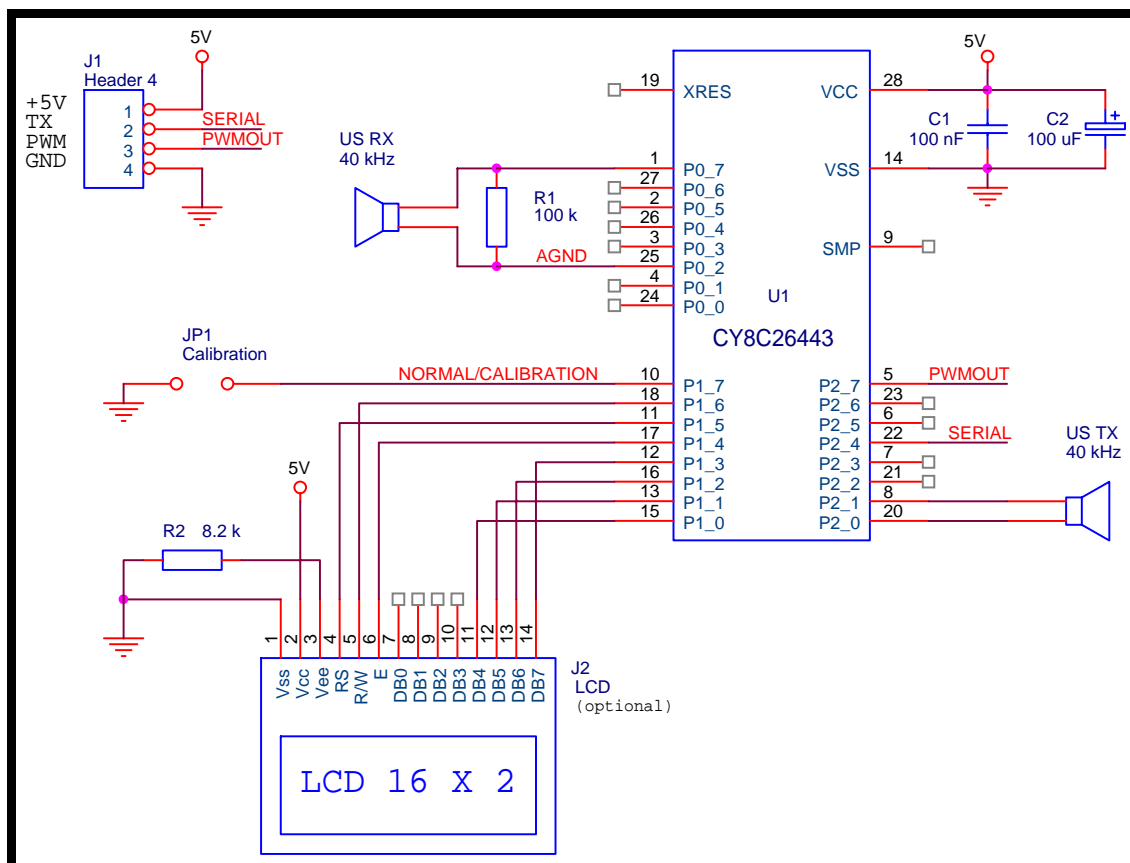


Рис.3: Электрическая схема

Программное обеспечение

Алгоритм работы показан на рис.4. Вначале программа инициализирует аналоговые и цифровые модули, затем тестирует состояние премычки JP1 и определяет, какой режим – рабочий или калибровки – будет установлен.

В рабочем режиме:

программа непрерывно генерирует посылки и после каждой, спустя некоторое время, ожидает эхо-сигнал. Время, прошедшее между началом передачи и началом приема посылки будет пропорционально расстоянию между устройством и препятствием. Опрашивая состояние компаратора «CMPRG_1», мы отсчитываем временной интервал, который затем запоминается в памяти. В итоге, расстояние до объекта высвечивается на LCD-дисплее (если таковой установлен), выдается на последовательный канал передачи данных, а также в виде ШИМ-импульсов, пропорциональных дальности, присутствует на выходе устройства.

В режиме калибровки:

работа аналогична предыдущему режиму, за исключением того, что измеренное значение сравнивается с «50», а разность заносится в энергонезависимую память EEPROM с целью коррекции будущих показаний.

«TimeBase_int» - это прерывание от счетчика-таймера «TimeBase». Когда переменная Time1 становится больше так называемого «защитного» интервала (который необходим для того, чтобы исключить прием прямого сигнала от излучателя), программа начинает опрашивать состояние компаратора. Как только сигнал получен, значение переменной Time1 заносится в оперативную память, прерывание от «TimeBase» запрещается, занесенное же значение представляет собой измеренное расстояние до объекта. Если же выход компаратора остается равен 0, то программа постепенно увеличивает усиление модуля «PGA_1» (делает до 16 шагов, увеличивая значение усиления в соответствующем регистре этого модуля), в результате чего дальние сигналы будут усиливаться сильнее.

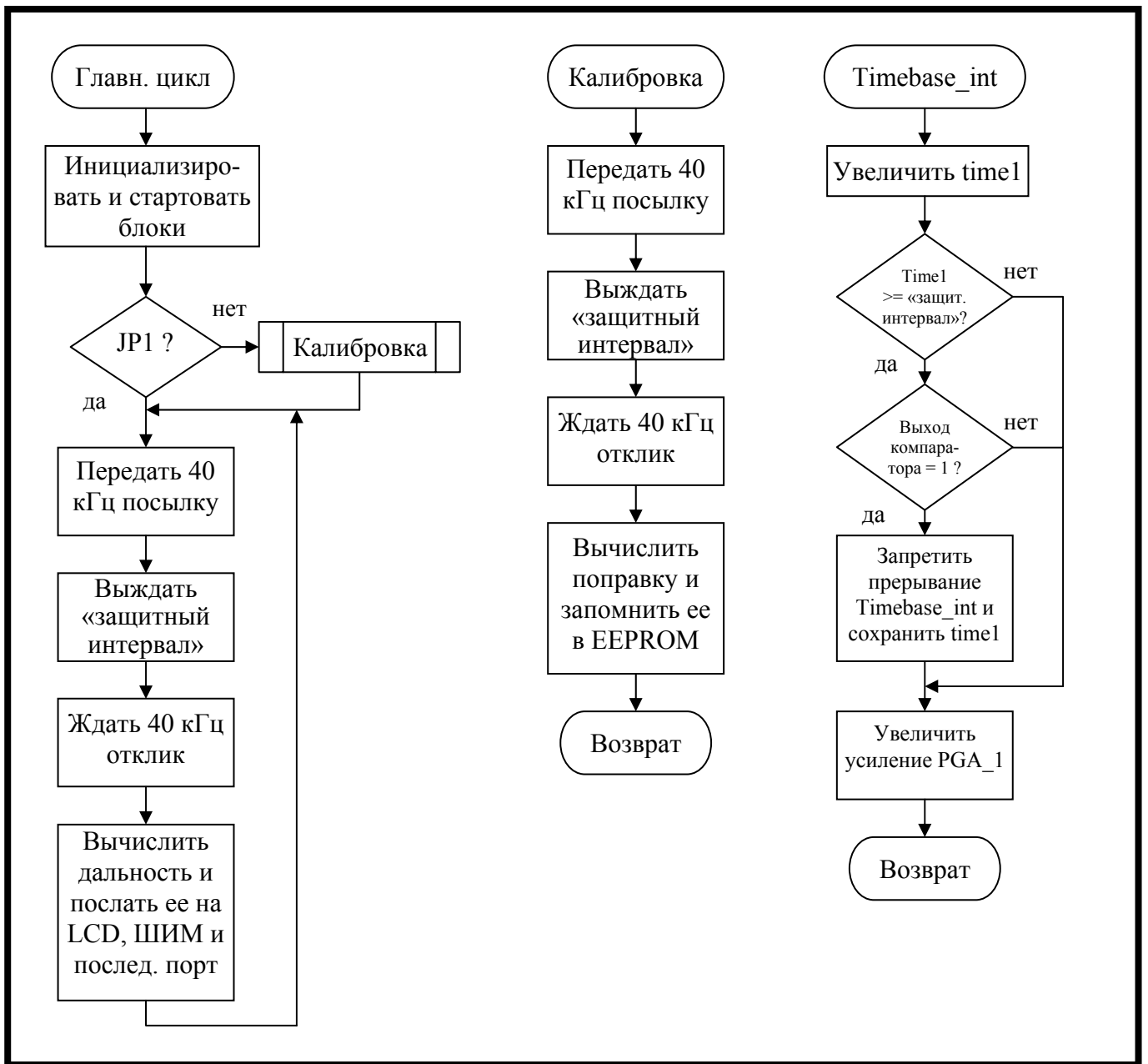


Рис.4 Алгоритмы работы программы

Конструкция

Конструкция и разводка печатной платы не критичны для функционирования устройства.

На рис.5 показан пример разводки односторонней печатной платы и расположение компонентов на ней. Вначале запаивают две перемычки, затем – панельку для микросхемы, два резистора, устанавливаемые вертикально, две емкости, 4-контактную штырьковую и 14-контактную гнездовую колодки J1 и J2. Две ультразвуковых головки (передающая и принимающая) припаиваются непосредственно к контактным площадкам платы. В колодку J2 может напрямую втыкаться LCD-модуль, имеющий ответную штыревую часть, либо для его соединения может использоваться плоский кабель или отдельные провода.

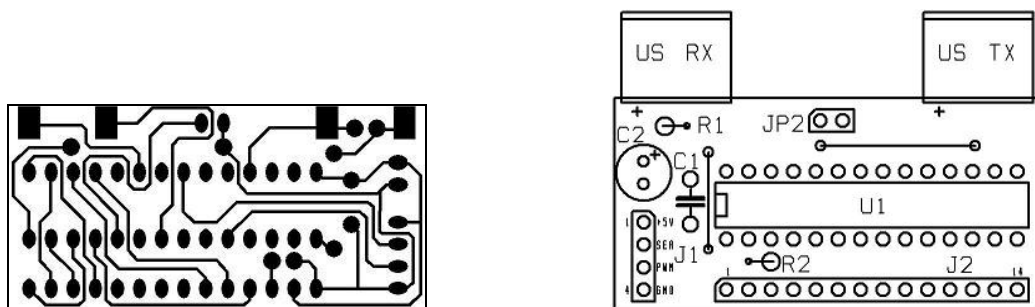


Рис.5: Печатная плата и расположение элементов

Список использованных компонентов

C1	100 nF	US RX	УЗ излучатель 40 kHz
C2	22 μ F 25V	US TX	УЗ приемник 40 kHz
R1	100 k Ω	J1	колодка «папа» на 4 контакта
R2	8.2 k Ω	J2	колодка «мама» на 14 контактов
U1	CY8C26443-24PI	JP1	перемыкатель (джампер)
Дополнительно (по выбору):		LCD	LCD модуль 16 \times 2

Калибровка

Перед использованием устройство необходимо откалибровать. Процедура калибровки очень проста, ведь все расчеты берет на себя программа.

Вам надо будет только проделать такие действия:

- расположить на расстоянии 50 см от ультразвуковых головок плоскую поверхность какого-либо предмета;
- снять джампер JP1;
- включить питание;
- установить джампер JP1;
- выключить питание.

Все, калибровка произведена, поправка записалась в память и будет учитываться при каждом последующем рабочем измерении.

Заключение

Хотя в устройстве применен 28-выводной микроконтроллер CY8C26443, возможно использование 20-, и даже 8-выводных модификаций из этого семейства (это в случае, если вы не планируете подключение LCD индикатора).

При использовании LCD индикатора, на нем появятся следующие сообщения:

рабочий режим

P	S	o	C		r	a	n	g	e	f	i	n	d	e	r
D	i	s	t	a	n	c	e			X	X	X		c	m

режим калибровки

5	0	c	m		c	a	l	i	b	r	a	t	i	o	n
P	l	a	c	e		J	P	1		j	u	m	p	e	r

Также, вы можете легко модифицировать программу, вводя новые режимы. Например, чтобы отсеять ошибочные измерения, можно заставить программу вычислять среднее значение из нескольких измерений и отбрасывать те, которые выходят за допустимые пределы. Еще, для повышения точности, можно подключить внешний температурный датчик и учитывать зависимость скорости распространения звука от температуры среды.

Примечания.

Проект «PSoC RangeFinder» (автор – *Fabio Piana*) – занял 1-е место на конкурсе PSoC Design Challenge'2002.

Адрес этого документа: <http://antiradio.narod.ru/psoc/appnotes/an2048rus.pdf>

Оригинал документа ([AN2048](#), англ. версия, причем урезанная) находится на сайте производителя микросхем <http://www.cypress.com/>. Вот один из полных авторских вариантов статьи на английском языке (1,18M): <http://www.circuitcellar.com/library/print/0103/piana150/2301013.pdf>

Исходники (файлы проекта для среды разработки «PSoC Designer») и прошивка (архив 482K) находятся на ftp://ftp.circuitcellar.com/pub/Circuit_Cellar/2003/150/piana150.ZIP