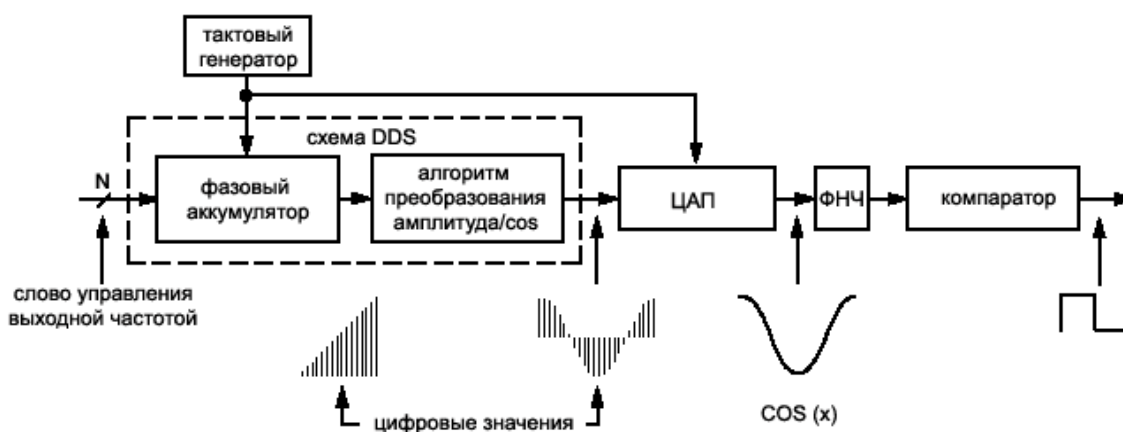


Генератор на AD9850

В литературе уже описывались генераторы в которых частоту можно вводить с помощью цифровой клавиатуры. Как правило, эти генераторы выполнены на микроконтроллере и имеют ограниченный диапазон генерируемых частот и невозможность получения точного значения введенной частоты [1].

Расширить диапазон частот от долей герца до 60 МГц может применение цифрового синтезатора частоты AD9850 производства Analog Devices. Эта микросхема является полным DDS синтезатором с встроенным компаратором.

DDS (Direct Digital Synthesizers) - цифровые синтезаторы частоты с прямым синтезом уникальны своей точностью. DDS практически не подвержены температурному дрейфу и старению. Единственным элементом, который обладает свойственной аналоговым схемам нестабильностью, является цифроаналоговый преобразователь (ЦАП). Благодаря высоким техническим характеристикам в последнее время DDS вытесняют обычные аналоговые синтезаторы частот. Основным преимуществом DDS является очень высокое разрешение по частоте и фазе, управление которыми осуществляется в цифровом виде. Цифровой интерфейс позволяет легко реализовать микроконтроллерное управление. Более подробное описание принципов прямого цифрового синтеза частоты есть, например, в [2].



Структурная схема микросхемы AD9850 приведена на рис. 1. Основой микросхемы является аккумулятор фазы, который формирует код мгновенной фазы выходного сигнала. Код мгновенной фазы преобразуется в цифровое значение синусоидального сигнала, который с помощью ЦАП преобразуется в аналоговую форму и подвергается фильтрации. Компаратор позволяет получить

выходной сигнал прямоугольной формы. Выходная частота определяется формулой:

$$f_{out} = \frac{\Delta f_{in}}{2^{32}}, \text{ где}$$

f_{out} – выходная частота, Гц;

f_{in} – тактовая частота, Гц;

Δ – 32-битное значение кода частоты.

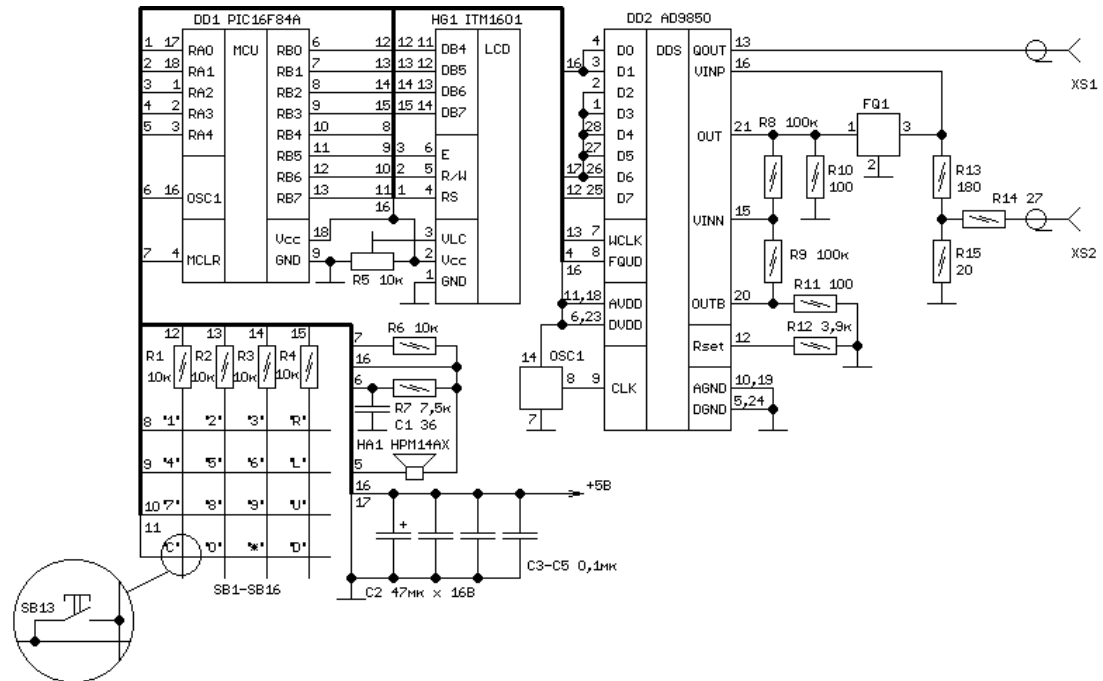
Максимальная выходная частота не может превосходить половины тактовой частоты.

Основные технические характеристики AD9850

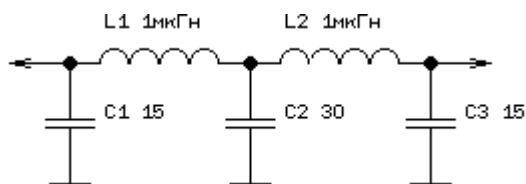
(при напряжении питания 5В):

Частота тактового генератора, МГц:	1..125
Максимальный ток потребления (при $f_{in} = 125$ МГц), мА:	96
Количество разрядов ЦАП:	10
Максимальный выходной ток ЦАП (при $R_{set} = 3.9$ к), мА:	10.24
Максимальная интегральная нелинейность ЦАП, МЗР:	1
Минимальное напряжение высокого уровня на выходе компаратора, В:	4.8
Максимальное напряжение низкого уровня на выходе компаратора, В:	0.4

Для загрузки данных в микросхему AD9850 может использоваться как параллельный так и последовательный интерфейс. При использовании последовательного интерфейса данные (слово длиной 40 бит) подаются на вход D7 микросхемы. Каждый бит данных сопровождается импульсом положительной полярности на входе синхронизации WCLK. После загрузки управляющего слова по импульсу положительной полярности на входе FQUD происходит изменение параметров генерации на новые. Назначение битов управляющего слова приведено в табл. 1.



Принципиальная схема генератора приведена на рис. 2. Для управления синтезатором используется микроконтроллер DD1 на микросхеме PIC16F84A производства Microchip. Он производит опрос клавиатуры SB1..SB16, вывод информации на ЖК индикатор HG1, вычисление значения кода частоты и его передачу по последовательному интерфейсу в синтезатор DD2. Излучатель HA1 служит для подачи звука при нажатии кнопок клавиатуры. Микросхема DD2 использована в стандартном включении [3]. На выходе ЦАП микросхемы включен фильтр ZQ1, схема которого приведена на рис. 3. После фильтра сигнал синусоидальной формы подается на разъем XS2 и на вход компаратора микросхемы DD2. С выхода компаратора сигнал прямоугольной формы подается на разъем XS1. В качестве тактового генератора для DDS использован кварцевый генератор OSC1. Подстроечным резистором R5 регулируют контрастность изображения на индикаторе HG1.



После сброса микроконтроллера производится настройка ЖК индикатора HG1 на режим обмена по шине 4 бита, что необходимо для уменьшения числа линий ввода/вывода, требуемых для записи информации.

Управляют генератором с помощью кнопок SB1-SB16. Поскольку все линии порта В, являющиеся входными, подключены к источнику питания через резисторы, необходимости во внешних резисторах, «подтягивающих» порты RB5-RB7 к линии питания, нет. Резисторы R1-R4 служат для защиты выходов микроконтроллера от перегрузки при случайном нажатии нескольких кнопок одновременно.

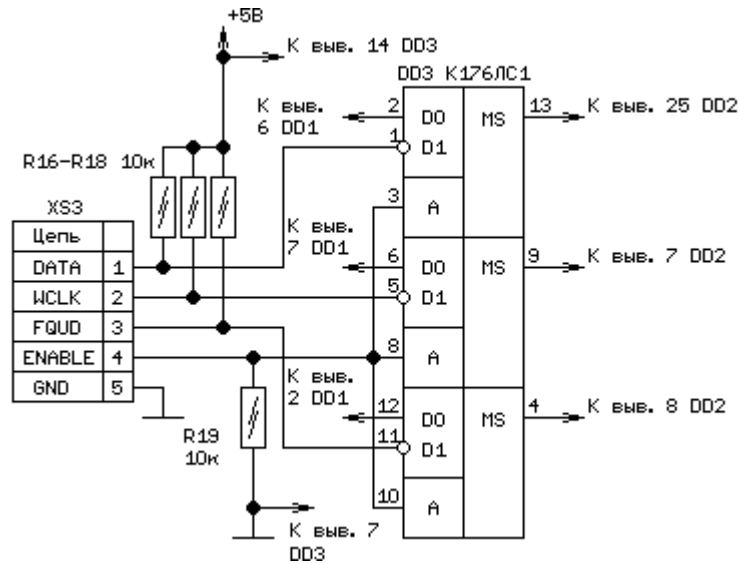
Установка требуемой частоты производится с клавиатуры. Для этого, нажимая на кнопки с цифрами вводят требуемое значение (Гц) и нажимают кнопку «*». Если частота не превышает максимально допустимую, то на короткое время на индикаторе появится сообщение [OK] и генератор перейдет в рабочий режим. Если введено слишком большое значение, то на индикаторе появится сообщение [Error]. В этом случае нужно нажать кнопку «С» и заново набрать правильное значение. Если в процессе ввода значения была допущена ошибка, необходимо также нажать кнопку «С» и повторить ввод. Двукратное нажатие кнопки «С» приводит к переходу в рабочий режим со старым значением частоты. В рабочем режиме в крайнем правом знакоместе индикатора мигает символ звездочки. Если текущее значение частоты введено с внешнего блока управления (например с компьютера), то чтобы вернуться к частоте, отображаемой на индикаторе достаточно нажать кнопку «*».

Кнопки «вверх» и «вниз» позволяют ступенчато изменять выходную частоту генератора, увеличивая или уменьшая соответственно значение десятичного разряда на единицу. Требуемый десятичный разряд выбирают, перемещая курсор кнопками «влево» и «вправо».

При нажатии кнопки «*» значение частоты и позиции курсора сохраняются в энергонезависимой памяти микроконтроллера. Это дает возможность автоматического возобновления режима работы после включения питания.

Так как вычислительные способности микроконтроллера ограничены, то значение выходной частоты выставляется с точностью порядка 1 Гц, что достаточно для большинства случаев. Чтобы в полной мере использовать возможности синтезатора возможно его управление с ПК. Для этого следует доработать генератор согласно рис. 4. Разъем XS1, предназначен для подключения устройства внешнего управления генератором, в том числе и

компьютера. Мультиплексоры микросхемы DD3 подключают входы управления синтезатором к микроконтроллеру DD1 при низком логическом уровне на адресных входах А или к внешнему блоку управления через разъем XS1 при высоком логическом уровне. Управляет мультиплексорами внешний блок управления через контакт “ENABLE” разъема XS1. Резистор R19 обеспечивает низкий логический уровень на адресных входах DD3 при неподключенном разъеме XS1.



Генератор собран на макетной плате. Если не удастся приобрести плату под корпус SSOP для микросхемы DD2 можно, воспользовавшись неизолированным проводом диаметром 0.2 мм соединить выводы, предназначенные для подключения общего провода, сделав общий отвод. Затем, к остальным выводам припаять короткие отрезки этого же провода длиной 10...15 мм и использовать уже эти выводы для установки микросхемы на плату.

ЖК индикатор HG1 – символьный однострочный (16 символов в строке) с встроенным контроллером. HA1 – любой излучатель звука со встроенным генератором, рассчитанный на напряжение 5В. В качестве генератора OSC1 можно использовать кварцевые генераторы с частотой до 125 МГц, но возможно использование и генератора с кварцевой стабилизацией на дискретных элементах. Прошивка для микроконтроллера зависит от частоты тактового генератора. Для наиболее распространенных частот прошивки находятся на ftp-сервере редакции в Интернете. Коды программы для генератора частотой 32 МГц

приведены в табл. 2. При использовании генератора с нестандартной частотой потребуется изменить соответствующие константы в программе для микроконтроллера.

При программировании микроконтроллера DD1 нужно установить следующие значения бит в конфигурационном слове: тип генератора (OSC) – RC, сторожевой таймер (WDT) – выключен, задержка после включения питания (PWRT) – разрешена.

Литература:

1. Пискаев А. Частотомер - генератор - часы на МК AT89S8252. – Радио, 2002, № 7, с. 31, 32.
2. Ридико Л. DDS: прямой цифровой синтез частоты. – Компоненты и технологии, 2001, № 7, с.50-54.
3. AD9850, Complete DDS Synthesizer. – <http://www.analog.com>

Таблица 1.

Номер бита	Описание
0	Бит 0 кода частоты
1	Бит 1 кода частоты
...	...
31	Бит 31 кода частоты
32	Управляющий бит (должен быть 0)
33	Управляющий бит (должен быть 0)
34	Бит управления питанием (включено при 0, выключено при 1)
35	Бит 0 кода фазы
36	Бит 1 кода фазы
...	...
39	Бит 4 кода фазы

Таблица 2.

```
:020000000628D0
:080008000B110900A201A30184
:10001000A4019E0124309F00F430A000A101B8216A
:10002000C32138200C21D42145221C230130A308F0
:10003000031D0030003C03191528A40A0F30B0003E
:10004000B0212408003C0130031D0301003C0319CA
```

:100050002C282A30AE00A1212408803C0130031D49
:100060000301003C031937282030AE00A1211528D8
:10007000A60109302602013003180301003C0319D0
:100080004F282608890083160814831208088C005C
:100090002608163E84000C088000A60A39280800AD
:1000A000A60109302602013003180301003C0319A0
:1000B0006E28260889002608163E840000888005D
:1000C0008316081555308900AA3089008814881CC9
:1000D0006A28672808118312A60A51280800A70178
:1000E00028302702013003180301003C0319862839
:1000F000A601F0302602013003180301003C031969
:1001000084280000A60A7928A70A70280800A901F7
:10011000A60104302602013003180301003C031934
:10012000CB28AA0126080E3E8400008A500250859
:10013000FF3C8C0029080C02013003180301003C2D
:100140000319A4280130AA002908031DA50A2508BF
:10015000FF3C8C002608123E84000080C0201308F
:1001600003180301003C0319B7280130AA008C01D1
:1001700025088D002608123E84000080D0703188C
:100180008C0A8C0026080E3E84000C0880002A0889
:10019000A900A60A89280800A901A60104302602A0
:1001A000013003180301003C0319F128AA012608B5
:1001B0000E3E8400008A500A51FE0280130AA001B
:1001C000250DFE39A5002908031DA50A25088C0068
:1001D00026080E3E84000C0880002A08A900A60A02
:1001E000CE280800A60104302602013003180301BE
:1001F000003C0319072926080E3E84000088C00E5
:100200002608123E84000C088000A60AF328CC20A1
:10021000CC208720CC200800A60104302602013023
:1002200003180301003C03191D298C0126080E3E0A
:1002300084000C088000A60A0D29A70108302702B7
:10024000013003180301003C03194229F220013058
:10025000A60004302602013003180301003C0319F4
:1002600039298C012608123E84000C088000A60A59
:1002700029292708073C163E840000892008720A1
:10028000A70A1E290800A60104302602013003181F
:100290000301003C0319582926080E3E84000087B
:1002A0008C002608123E84000C088000A60A44290F
:1002B000A80101302802013003180301003C031992
:1002C00070290130A700863027020130031803018E
:1002D000003C03196E298720A70A6329A80A592917
:1002E0000800FF30AB008316FF3086008312AB1D81
:1002F00082290510851405150608AB0005110515A2
:10030000051177298316F0308600831208007121C9
:100310002C08003C03198E2905148F29051085101F
:100320002D088C008C0C8C0C8C0C0C0F3910389C
:100330008600051505112D081038860005150511D4
:1003400008000130AC002E08AD0087210800AC0188
:100350002F08AD00872108000130AF00A721080059
:100360008C018030300703188C0AAF00A7210800E9
:1003700083168501F030860081018B0183121030D5
:1003800085008601080071213030AF00A7212030A0
:10039000AF00A7212830AF00A7210C30AF00A72164

:1003A0000630AF00A72108004321A701053027022E
:1003B000013003180301003C0319022A27080E3EEE
:1003C00084000008A9002708043C0130031D030134
:1003D000003C031DA901A6010830260201300318C4
:1003E0000301003C0319002A291CF8290614F929E5
:1003F0000610290C7F39A90086148610A60AEC295C
:10040000A70AD6298515851108000130061E0800A7
:100410000430861E08000730061F08000A30861FB9
:10042000080003010800F73086000522A90029080A
:100430000319202A8C012908143E03188C0A08008D
:10044000FB3086000522A900290803192D2A8C01FA
:100450002908023E03188C0A0800FD308600052298
:10046000A900290803193A2A8C012908013E03181A
:100470008C0A0800FE3086000522A900290803190D
:10048000432A29080800FF300800AC21B001B02140
:100490004630AE00A1213D30AE00A121A7010830B9
:1004A0002702013003180301003C0319642A8C0160
:1004B0002708073C163E84000008303E03188C0ACB
:1004C000AE00A121A70A4F2A0B30B000B02148305E
:1004D000AE00A1217A30AE00A1210800A7010830AA
:1004E0002702013003180301003C03197F2A8C0105
:1004F0002708163E84000C088000A70A6F2A08000F
:100500002208A60007302602013003180301003C30
:100510000319AD2A8C012608163E84000008013E0E
:1005200003188C0A8C002608163E84000C088000F4
:100530002608163E840000080A3C0130031D030112
:10054000003C0319AD2A8C012608163E84000C08D5
:100550008000AB2AAD2AA60A822A08002208A6003B
:1005600007302602013003180301003C0319DC2A7E
:100570002608163E84000008013C8C000C09013E50
:100580008C002608163E84000C0880002608163EC3
:1005900084000008FF3C0130031D0301003C0319E7
:1005A000DC2A09308C002608163E84000C088000E6
:1005B000DA2ADC2AA60AB02A08000330A700A6011E
:1005C00004302602013003180301003C03190F2BED
:1005D00027081E3E840000088C0027080E3E840079
:1005E00000080C02013003180301003C0319FA2A29
:1005F0000030080027080E3E840000088C00270801
:100600001E3E840000080C02013003180301003C68
:1006100003190C2B01300800A703A60AE02A0800E2
:100620000F30AF00A7212208093CB000B0216F2095
:100630000C30AF00A72108001322A60026080B3CAF
:100640000130031D0301003C031DA6011B302602DF
:10065000013003180301003C031D05120A30260275
:10066000013003180301003C0319642B0130A30877
:10067000031D0030003C03193F2B6E224522013040
:10068000A3001D08003C0130031D0301003C0319B9
:10069000642BA70107302702013003180301003C37
:1006A0000319602B2708063C163E840000088C00C6
:1006B0002708073C163E84000C088000A70A4A2B36
:1006C0002608960045226F2026080A3C0130031DAB
:1006D0000301003C03197C2B6E222308023C0130ED
:1006E000031D0301003C0319782BA30138207A2B4A

:1006F0000230A30045226F2026080C3C0130031D68
:100700000301003C0319B42B0C21AC21DD22003C79
:1007100003199A2BD4215020A3010630B000B02138
:100720005B30AE00A1214F30AE00A1214B30AE00B6
:10073000A121AF2B0430B000B0215B30AE00A1216D
:100740004530AE00A1217230AE00A1217230AE0062
:10075000A1216F30AE00A1217230AE00A1215D3029
:10076000AE00A1216F2045222608153C0130031D53
:100770000301003C0319C52B2208003C013003187B
:100780000301003C031DA20310232608183C01307E
:10079000031D0301003C0319D62B07302202013050
:1007A00003180301003C031DA20A102326081B3C6A
:1007B0000130031D0301003C0319E92B80220C21A9
:1007C000DD22003C0319E82BD42150204522E92BDF
:1007D000382026081E3C0130031D0301003C03198C
:1007E000FC2BAE220C21DD22003C0319FB2BD42173
:0C07F00050204522FC2B38200516080084
:00000001FF