

RU.EMBEDDED FAQ

(Продолжение. Начало см. «РХ» №4/2003, с.61-64, №5/2003, с.58-63)

Александр Торрес, Нетания

Вопросы по программированию обмена с портами

>Q: Как написать драйвер под Win95/98, он же VxD ?

>A: Во-первых, если устройство подключено к COM-порту, то драйвер, скорее всего, не нужен. Функции CreateFile, ReadFile/WriteFile, EscapeCommFunction и пр. достаточно хорошо изложены в MSDN, там же есть статья Serial Communication in Win32, где этот вопрос детально описан.

Что касается LPT, то здесь все гораздо хуже. Формально LPT относится к тому же классу устройств что и COM, то есть Ports, и для обращения к нему можно использовать те же функции. Но при этом ваше устройство должно быть IEEE1284-compliant или -compatible. Более глубокое рассмотрение вопроса показало, что из режимов ieee1284 в lpt.vxd под Win95OSR/98 реализованы только Centronics, Nibble и ECP. Ни о каком "дернуть ногой LPT" здесь речи и не идет, данный сервис в Win отсутствует по определению. Хотя есть третьесторонние библиотеки, которые это позволяют. Теперь, собственно про драйвера: Что бы начать писать драйвер надо:

- 1) MSDN
- 2) VC
- 3) DDK (соответствующий OS)

DDK можно скачать с <http://www.microsoft.com/ddk/> Вполне рабочий огрызок пакета VToolsD от NuMega, позволяющий писать драйвера полностью на C, что на первых порах очень упрощает дело, можно найти на <ftp://ftp.kti-git.nsc.ru/pub/win/VXD/vtoolsd.zip> входящий в комплект DDK, отладчик для драйверов, к работе не особенно пригоден. Поэтому стоит найти SoftIce, который весьма популярен в хакерских кругах. Сами драйвера бывают нескольких видов, в зависимости от класса устройства. Принципы функционирования и написания их очень отличаются и здесь мне их все не описать.

Еще на <http://www.lvr.com> в разделе про параллельный порт есть куча ссылок на подобные вещи под Win9x/NT, позволяющие доступ к любому порту хоть из Visual Basic'a.

Еще на <http://www.entechtaiwan.com/tools.htm> есть библиотека под Win9x/NT/2000, которая позволяет достучиваться к любым портам, dma-каналам, памяти. Возвращает кол-во LPT-портов, их базовые адреса, позволяет залочить порт (чего обычно всякие inport/outport не делают), читать/выставлять значения каждого пина в отдельности. Также читает серийный номер IDE. Архитектура библиотеки такая - dll-ка обеспечивающая API и драйвер, который она вызывает для реализации запрошенных функций.

>A: Изначально (начиная от Win386) драйвера писались на асм, по нему подавляющее большинство системных сервисов получает и возвращает параметры в регистрах и флагах процессора. Сервисы более поздних компонентов (Configuration Manager, например) уже имеют вызовы типа C, и вообще MS старается теперь поощрять написание драйверов на C/C++. Для вызова более старых (условно) сервисов из C/C++ пишутся переходники (wrappers) библиотеки которых есть как в DDK, так и в VToolsD (гораздо более полное собрание), но и там и там в переходниках встречаются ошибки :(Огромный минус обоих пакетов - огрызочная документация. Описаны отдельные функции и параметры, по каждому компоненту обычно написан параграф из 10 строчек и это все. Даже имея примеры, очень сложно, не зная глобальной концепции, что-то разрабатывать. По написанию Vxd для Win95 в мире вышло всего две приличные книжки: <http://www.amazon.com/exec/obidos/ASIN/1556159498/> Systems Programming for Windows 95, автор Walter Oney. Сайт поддержки, дополнений и полезных утилит - <http://www.oneysoft.com/> <http://www.amazon.com/exec/obidos/ASIN/0879304383/> Writing Windows VxDs & Device Drivers; Programming Secrets for Virtual Device Drivers, автор Karen Hazzah.

На русском языке есть: Даниель Нортон, Написание драйверов для Windows, но очень непрофессиональный перевод, понять по первому разу невозможно ничего. Лучше просто не читать, потому как вносит приличную путаницу. Сейчас мир драйверов для OS от MS мигрирует на так называемую WDM - Windows Driver Model - по сути это KMD (Kernel Mode Driver) для NT. Такой драйвер пишется изначально на C/C++ и без особых извращений, кроме того в NTDDK есть нормальная документация и можно обойтись без дополнительной литературы.

И наконец, есть англоязычная конференция: comp.os.ms-windows.programmer.vxd Там частенько Walter Oney отвечает на интересные вопросы.

Вопросы по EPP порту

>Q: Что такое EPP ?

>A: EPP (Enhanced Parallel Port) - скоростной (до 2Mb/sec) двунаправленный интерфейс, являющийся развитием Centronics и Bidirectional режимов LPT-порта. Его главная особенность - прием или передача байта со стороны PC осуществляется за одно обращение к порту I/O (более того, при 16/32 разрядном обращении принимается или передается сразу 2/4 байта соответственно), цикл квитирования приема-передачи реализован аппаратно (для ISA - посредством сигнала IOCHRDY). Грубо говоря EPP - отдешифрованный порт I/O, вынесенный на кабель. Сигналы LPT-порта получили другие функции и другие названия. Для более подробного знакомства можно посмотреть например <http://www.fapo.com/ieee1284.htm> и <http://www.lvr.com/parport.htm>

>Q: Как включить режим EPP на компьютере ?

>A: Переключение режимов LPT-порта как правило производится "магическими последовательностями", смотреть их надо в описаниях соответствующих микросхем MIO(SIO). Довольно подробный список микросхем SIO содержится на <http://ic.doma.kiev.ua/pdf/chip/sio.htm>

Для пользователя выбор режима LPT-порта сводится к установкам в BIOS SETUP. Как правило там есть режимы Standard, Bidirectional, EPP, ECP, часто ECP+EPP, на более старых что-нибудь вроде Extended. Если есть режим "чистого" EPP - выбирайте его (часто есть еще выбор между EPP1.7 и EPP1.9). Если только смешанный "ECP+EPP" или "Extended" - скорее всего потребуется еще выполнить запись в порт ECR байта 0x80 (ECR - это регистр ECP-режима, ECR=BASE_ADDR+0x402, BASE_ADDR - базовый адрес LPT-порта).

Если это не поможет - все же не обойтись без документации на микросхему. Кстати, учтите, что базовый адрес порта в режиме EPP не может быть 3BC (поскольку EPP занимает в пространстве I/O 8 смежных адресов, а по адресу 3C0 уже расположены регистры CGA), некоторые BIOS'ы не блокируют возможность ввода конфигурации "EPP на 3BC". Нужно помнить, что регистр управления LPT-порта по-прежнему влияет на состояние выходных линий, а для работы аппаратного квитирования нужно перевести линии nDATASTB, nADDRSTB, nWRITE в состояние "1" (BIOS также это делать не обязан), сброс устройства линией nRESET также целиком в вашей власти.

>Q: В чем отличие EPP1.7, EPP1.9, IEEE1284 ?

>A: Увы, мне не попадались точные описания стандартов 1.7 и 1.9 (как и прочих версий), краткую историю вопроса можно почерпнуть на <http://www.fapo.com/epmode.htm> EPP1.7 еще называют pre-1284 EPP, EPP1.9 - доработка, положенная в основу стандарта IEEE1284 (точнее, IEEE1284 описывает все режимы LPT-порта: Compatibility, Nibble, Byte, EPP, ECP), сам стандарт может быть заказан на <http://www.ieee.org>, точный его текст в Интернете я также не видел. Отличие 1.7 и 1.9 (IEEE1284) в способе квитирования.

>Q: Можно ли сделать EPP-периферию на микроконтроллере ?

>A: Конечно, но процессор должен быть достаточно быстрым - цикл I/O нельзя затягивать слишком долго (большинство EPP-Host контроллеров отслеживают тайм-аут квитирования (10 мкс по стандарту), да и у ISA есть тайм-аут для IOCHRDR (иногда может устанавливаться в BIOS SETUP). Порты процессора должны быть достаточно мощными и с триггерами Шмитта на ввод. Для совместимости с обоими толкованиями EPP1.7 может понадобиться внешняя обвеска (триггер, легко строимый на элементах И-НЕ/ИЛИ-НЕ)

>Q: Что адресуют адресные циклы ?

>A: Это целиком отдано на усмотрение разработчика. По существу это дополнительный отдешифрованный порт но, в отличие от циклов данных, доступ здесь только байтовый. При процессорной реализации периферии возможно проще вообще не пользоваться адресными циклами, при чисто "дискретной" реализации логично использовать их именно для внутренней адресации на устройстве (если таковая нужна).

>Q: Когда EPP-устройство генерирует прерывание ?

>A: Поскольку (в отличие от Centronics) передача байта квитирована автоматически, то прерывание на передачу одного байта не требуется. Логично использовать линию прерывания для сообщения о готовности к обмену очередного блока данных (при высоких скоростях буферизация на обеих сторонах почти всегда необходима). В вашем распоряжении есть также две User-defined линии (PE, nERROR).

>Q: А если EPP-устройство все же не успевает квитировать ?

>A: В большинстве реализаций хоста есть бит Time-Out (ошибка квитирования со стороны периферии) - это бит 0 порта статуса (BASE_ADDR+1), который в Centronics не использовался. Разумеется, нерационально проверять этот бит после передачи/приема одного байта, делать это можно после обмена блоком данных. Бит Time-Out сбрасывается либо при чтении порта статуса, либо (гораздо чаще) при записи байта xxxxxx1b в порт статуса (в Centronics он был Read Only), так что запись 0x01 не помешает в любом случае. Но если бит Time-Out не реализован и в младшем бите статуса всегда считывается 1, то ясно что такая "проверка" недопустима, поэтому в начале работы программа на PC может попытаться сбросить бит 0 статуса, если это не удастся - то бита Time-Out нет. Имейте в виду, что с момента после возникновения Time-Out и до его сброса Host-контроллер может вести себя непредсказуемо. Например наблюдалось (микросхема SMS FDC37C672) как при возникновении Time-Out в цикле EPP-чтения шина данных как бы запирается на ввод (и бит направления LPT-порта перестает на это влиять!), циклы EPP-записи больше не генерируются, а циклы EPP-чтения идут нормально. Как правило такие "тонкости" в даташитах не приводятся.

>Q: Важен ли бит направления порта LPT ?

>A: Да, важен, и увы здесь тоже разночтения. Я встречался со следующими реализациями:

1) Направление шины данных определяется битом направления LPT (бит 5 регистра BASE_ADDR+2) в промежутках между EPP-циклами, и направлением EPP-цикла (запись или чтение) в момент самого цикла.

2) Аналогично 1), но в цикле EPP-записи при бите направления "1" (на ввод) байт на шину данных не выставляется, хотя квитирование ведется.

3) Аналогично 1), но бит направления должен совпадать с фактическим направлением EPP-цикла. Иначе сигналы квитирования (nDATASTB/nADDRSTB, nWRITE) не генерируются (но и Time-Out тоже не фиксируется).

4) Бит направления программируется, но ни на что не влияет. После записи в порт данных LPT (BASE_ADDR+0) или EPP-цикла записи порт остается на вывод, после EPP-цикла чтения порт остается на ввод.

Для совместимости со всеми реализациями делалось следующее:

- EPP-периферия в основном держит шину данных на ввод

и переводит на вывод только в момент EPP-цикла чтения. (по спаду nDATASTB/nADDRSTB при nWRITE="1"). При обмене блоками по оговоренному протоколу коммутация направления возможна и один раз на целый блок.

- На EPP-хосте бит направления устанавливается в "0" перед началом передачи блока данных и в "1" перед началом приема блока данных.

- Для защиты от возможных столкновений шины данных при сбоях предусмотренные стандартом последовательные резисторы становятся совершенно необходимыми.

>Q: Нужно ли применять специальный кабель ?

>A: По стандарту IEEE1284 - нужно, специальный кабель с экранированием каждого сигнала, однако такие кабели дороги и не всегда доступны. Опыт показывает, что EPP прекрасно работает на стандартном 25-контактном RS-232 кабеле, в том числе на кабеле длиной 6 метров, при сочленении нескольких кабелей и с использованием механического переключателя принтера. Разумеется, рекомендации по подтяжкам, последовательным резисторам и триггерам Шмитта на входах нужно соблюдать.

>Q: Какие еще проблемы могут возникнуть ?

>A: Если ваше EPP-устройство должно работать как в автономном режиме, так и в режиме связи с PC (следовательно, имеет автономное питание), то возникает неприятная проблема "натекания" напряжения (через выходы и резисторы подтяжек включенного устройства на питание выключенного через защитные диоды и те же подтяжки). При уровне порядка 1В импульсный блок питания PC может просто не включиться (наблюдалось неоднократно). Поэтому желательно, чтобы ваше устройство умело обнаруживать, когда PC выключен, но на входах с подтяжками это не так просто сделать! В моем устройстве это делалось по уровню сигнала nADDRSTB (адресные циклы не использовались), эта линия специально имела подтяжку не к +5V а к земле (и немного подфильтрована). Если PC включен и порт в режиме EPP, то nADDRSTB="1" , в противном случае PIC16 переводил все выходные линии в "0" и отключал подтяжки на входных (использовался один транзистор на все подтяжки).

Также следует учесть, что в процессе перезагрузки PC на порту EPP может быть что угодно (например Windows98 мучает LPT-порт при загрузке не так, как Windows95), нужно позаботиться, чтобы устройство не приняло это за исполнительную команду, как минимум оно должно обнаруживать ошибки интерфейса, корректно восстанавливаться по сигналу nRESET.

Вопросы по RS232

>Q: Где почитать о том, какие вообще RS* бывают ?**

>A: Небольшое описание есть на <http://www.geocities.com/altor.geo/html/rsxxx.html>

>Q: Что такое RS232 и на какое расстояние он работает ?

>A: RS-232-C является стандартом интерфейса, разработанного EIA (Electronics Industries Association) (RS - Recommended Standart, C - версия) введен в 1962г. EIA RS-232-C описывает несимметричный интерфейс между аппаратурой приема и передачи данных, работающий в режиме последовательного обмена данными со скоростями до 20000 бит/сек, однако длина кабеля ограничена 50 футами (15 м).

Спецификации RS-232-C не ограничивают максимальную длину кабеля, но ограничивают максимальное значение его емкости 2500 пф. Емкость интерфейсных кабелей различна, однако общепринятой длиной удовлетворяющей данной спецификации считается длина 50 фут (15 м) (до 20000 бод) Чем выше скорость передачи, тем больше искажения сигнала, вызванные емкостными характеристиками кабеля.

Выпускаются специальные интерфейсные кабели прямой связи RS-232-C низкой емкости, которые удовлетворительно работают со скоростью 9600 бод на расстоянии до 500 футов (150 м).

Число подключаемых приемников и передатчиков подключаемых к одной линии - 1/1, (в отличие от стандартов RS422 1

передатчик/ 10 приемников или RS485 32/32)

Таким образом получившие сейчас распространение линки прямой связи на скорости 115 Кбод выходят за стандарт RS-232-C, это означает что изготовители интерфейсных плат не гарантируют работу на этих скоростях (это их личное дело) и дело здесь не столько в том, что это позволяют современные кристаллы приемно- передатчиков а в интерфейсных чипах. Однако я разыскал диаграмму скорость/расстояние для RS-232-C, и взял на себя смелость экстраполировать ее на эти скорости, получилась величина порядка 2-5 м. Из этой же диаграммы: 10 Кбод - 200 футов (60 м), 500 бод - 3000 футов (800 м).

Низкая скорость и дальность этого интерфейса ограничена в первую очередь его несимметричностью. Например более поздний RS485 до 1 Мбод на 1200 м. Обязательно должна быть учтена разность потенциалов между компьютерами, если они включены в разные фазы. Для этого существует контакт PG (защитная земля).

>Q: Что такое Flow Control и как он работает ?

>A: Начнем с того, что главную путаницу вносит разделение аппаратуры на DCE (Data Communication Equipment), оно же по русски аппаратура канала данных, или АКД, и DTE (Data Terminal Equipment), оно же АПД, аппаратура передачи данных. В качестве АКД выступает модем и все, через что проходит поток данных для передачи куда-то, а АПД - это тот, кто вливает и является источником данных (компьютер).

Так вот сигналы квитирования для АПД и АКД носят _одинаковое_ имя, но _разные_ направления - то, что для одних входы, для других выходы, с чем и связана путаница, особенно когда требуется соединить два однотипных устройства - к примеру, два компьютера (два АПД). Кроме того, в зависимости от того, симплексный или дуплексный канал, некоторые сигналы меняют свое значение. Кроме того, сигналы RS232C определяются в логических терминах "включен" и "выключен" (соответственно, "Mark" и "Space"), и это никак не связано с физическими уровнями сигналов (хотя обычно логическому состоянию "включено" соответствует напряжение ниже -3В, а "выключено" - выше +3В).

Сигналы минимального (9-пинового) набора RS232C в асинхронном режиме включают 4 сигнала квитирования и 2 сигнала состояния. Для АПД, при передаче данных только от АПД к АКД (в скобках - сигналы аналогичного советского интерфейса Стык2): DTR (108/2) - Выход сигнала готовности АПД. Означает в общем случае, что АПД включено, в исправном состоянии и может совершать обмен данными. На коммутируемых линиях этот сигнал еще и поддерживает соединение - но коммутируемые линии большинству из нас неинтересны, а потому я далее опущу все касательно КЛ.

DSR (107) - Вход сигнала готовности от АКД. В общем случае означает, что модем включен, и готов к работе.

RTS (105) - Выход запроса передачи. Состояние "включено" означает, что у АПД есть данные для передачи, и компьютер хочет эти данные передать. Но в полудуплексном канале (когда данные могут передаваться и от АКД к АПД) это же состояние сигнала переключает АКД (модем) на режим передачи. CTS (106) - Вход сигнала, разрешающего АПД передавать данные. Сигнал "выключено" от АКД запрещает передачу данных.

DCD (109) - Наличие несущей. По стандарту, отсутствие сигнала на этом входе сигнализирует терминалу (компьютеру, АПД), что принимаемые по линии RxD данные не могут считаться действительными и должны быть отброшены. Реально приемник данных все равно будет принимать данные, а вот будет или нет учитываться этот сигнал - зависит от программы. Обычно все же стараются этот сигнал активизировать.

RI (125) - всего лишь индикатор звонка. На процесс передачи данных никакого влияния не оказывает.

Для АКД первые 4 сигнала меняются попарно - т.е. выходной сигнал готовности DTR от АПД приходит на сигнал DTR в АКД, хотя в АКД - это вход, т.е. на самом деле эквивалент DSR. (Для пары АПД-АКД нужен "прямой" кабель, в котором одноименные сигналы АПД и АКД соединяются 1:1). В общем случае на симплексном асинхронном канале процедура передачи в одну сторону от АПД к АКД будет выглядеть так:

1) приемник и передатчик выставляют активные сигналы готовности на выходах (DTR для АПД и DSR для АКД);

2) оба проверяют наличие готовности партнера на своих входах (АПД проверяет DSR, АКД проверяет DTR);

3) передатчик, при наличии готовности приемника и имеющихся для передачи данных, выставляет запрос передачи данных (RTS);

4) приемник, при наличии готовности от передатчика, по принятому сигналу запроса на передачу (RTS) выставляет разрешение передачи данных (CTS);

5) по принятому передатчиком сигналу разрешения передачи данные передаются;

6) при необходимости прекратить передачу данных, приемник в произвольное время снимает разрешение передачи данных (CTS), при этом передатчик либо обрывает передачу очередного байта (если на момент снятия разрешения передано менее половины бит, включая стартовый) - в этом случае байт считается не переданным, либо продолжает передачу до конца байта, если передано более половины бит - в этом случае байт считается успешно переданным;

7) при окончании данных передатчик снимает сигнал запроса передачи (RTS), с этого момента любые данные, принятые приемником, считаются недостоверными. В некоторых случаях передатчик может снять запрос передачи данных, не дожидаясь конца собственной передачи - тогда правила те же, что и в п.6).

На полудуплексном канале АПД-АКД считается, что запрос от АПД на передачу есть всегда, а сигнал RTS включает передачу в обратном направлении - от АКД к АПД, при этом также считается, что АПД всегда готово принять данные от АКД. (В полном стандарте на RS232 вообще-то есть линии и для обратного квитирования). В остальном процедура та же.

Для двух АПД (двух компов) правило соединения сигналов следующее:

1) Выход готовности одного идет на вход готовности другого (DTR -> DSR). Этот же сигнал нужно пустить на вход DCD второго устройства. Для сокращения проводов можно эти сигналы между аппаратами не гонять, и собственный DTR засадить на собственные же DSR&DCD каждого аппарата. При этом роль сигнала готовности будет неявно выполнять сигнал разрешения на передачу - CTS.

2) Выход передатчика одного идет на вход приемника другого (TxD -> RxD).

3) Сигнал RTS одного аппарата идет на CTS другого. Здесь RTS используется как бы не по назначению - не как запрос передачи от себя к партнеру, а как выход разрешения передачи от партнера к себе, как в полудуплексном канале. Но поскольку этот сигнал формируется в АПД не аппаратно, а программно, проблем не возникает - коммуникационная программа использует его как надо.

В еще более кастрированном варианте RTS и CTS тупо соединяются у каждого аппарата по отдельности, или на CTS подается тот же сигнал готовности DTR - получается, что разрешение передачи всегда есть, но в этом случае канал вырождается в пару линий приема/передачи без всякого квитирования, и требуется программное квитирование - введение в поток данных управляющих символов (XON/XOFF), а также связанного с этим преобразования потока данных для гарантированного выделения управляющих символов из общего потока. Что тянет за собой наличие буфера принятых данных и вычислительные мощности для выделения и обработки служебных символов.

Вопросы по IrDA

>Q: Что такое IrDA с точки зрения Win95/98 ?

>A: Есть 2 варианта:

1) Сервис IRCOMM, он же виртуальный COM-порт. С точки зрения программиста на компьютере действительно просто COM, но без возможности дергать DTR/RTS и влиять на скорость - насколько устройство с драйвером договорилось, так и будет. Недостаток - тяжело определить, какой из COM-портов является этим виртуальным, невозможно определить есть связь или устройство отвалилось (только по таймауту ?) и, главное, в W2K уже отсутствует как класс. Хотя в 95/98 работает.

2) Доступ непосредственно через драйвер (с помощью winsock). На эту тему нашел пока три статьи: <http://www.cswl.com/whiteppr/white/arhead.html> Programming with Infrared Sockets - CSWL Inc и <http://msdn.microsoft.com/library/backgrnd/html/irdawp.htm> IrDA: Background and Overview

Они похожи как близнецы-братья. Недостаток - у меня работает все, кроме собственно обмена. Нахожу свой дивайс, устанавливаю с ним connect, имею доступ к IAS SERVER, а вот при попытке send моя прога вешается, а под дебаггером в дельфах и окна уносит за собой (W98).

Нашел более правильную и подробную страничку: <http://www.microsoft.com/Mind/0599/winCE/WINCE.htm> Get Your Windows CE Device Talking With IrDA, которая в основном не про IrDA в CE, а про IrDA в 98/2K, и написана человеком, который по граблям походил.

Ответы на вопросы о конструировании

Вопросы по помехам

>Q: Что такое EFT помехи и как с ними бороться ?

>A: EFT значит electric fast transient. По воздействию они ближе всего к электростатическим разрядам. Стандарты на электромагнитную совместимость требуют чтобы при испытании на устойчивость к EFT к любому внешнему кабелю устройства через "конденсаторный" зажим (а для сетевых проводов - прямая инъекция) подавались импульсы с нарастанием 10нс, спадом 50нс, частотой 5кГц и амплитудой не менее 500В. Хорошо сконструированное устройство выдерживает EFT до 2кВ и более. Типичное устройство, сконструированное тем, кто с EFT ранее дела не имел, сбивается и зависает при EFT в 100-200В. Конденсаторы по питанию от EFT не помогают. Помогает только правильное конструирование печатной платы и специальные меры предосторожности в схеме. Есть несколько простых "доморощенных" правил:- Не пытайся "сопротивляться" EFT, помеха имеет такую амплитуду что проходит через все искусственные препятствия вроде дросселей и пр.

Наоборот, надо ей "поддаться" и обеспечить свободное прохождение - но МИМО чувствительных цепей. Например, если в устройстве приходят два экранированных кабеля - соедини их оплетки вместе, а уж потом соедини их с землей устройства. Или сделай "обводной" контур "грязной" земли по краю платы, и соедини его с "чистой" землей внутри платы в одной точке. Или сделай "обводной" контур земли вокруг "грязной" части схемы (которая генерит EFT, например реле и драйверы двигателей) и соедини его с чистой землей в одной точке.

Все сигнальные цепи соединяющие "чистую" и "грязную" части должны иметь последовательно включенный резистор не менее 100 Ом. Задача резистора - не саму EFT остановить, а уменьшить ток, протекающий по чувствительной части и вызванный падением напряжения EFT помехи в "грязной" земле. Желательно еще с чистого конца этого резистора на чистую же землю навесить малую емкость пик так в 100. Эта емкость пустит в распыл остаток помехи. Вообще-то каждая нога у микросхемы уже имеет емкость 5-50 пик на землю, часто и этого бывает достаточно.

Спектр EFT помехи настолько широк, что даже недлинные (несколько см) печатные проводники работают как эффективные передающие и принимающие антенны. Мораль: ставь упомянутые резисторы поближе к микроконтроллеру, а будет такая возможность - ставь два и более резистора последовательно и тем самым шинкуй проводники как капусту.

Все свободные места на печатке заливай землей, но соединяй ее не абы как, а с умом (см. выше). Пользуй вместо односторонней платы - двухстороннюю, вместо двухсторонней - многослойную...

>Q: Как имитировать мощные помехи ?

>A: Прихожу домой с работы, ставлю рашпиль у стены...

Ничтоже сумняшеся удумал я, братие, что хорошо бы обротно взад покумекать об устойчивости к помехам. Вопрос сей

обширный, конфу считаешь и споймешь что об его многие спотычку давали. По примеру Штирлица раскинув мозгами, решил, братие, поелику возможно привнести лепту... Изложу кусок предмета сего по разумению своему скудному, уж не обессудьте.

Ноне трудов великих нету кому хошь посёрфить в Интернете и нарвать десяток - другой загранишных машинок, специально всякими премудрыми хитрознатцами сотворенными на предмет испытания на помеху. Кои машинки попросче, кои позакрутистей, ин каждая поди фунт сухих рублей стоит, а то и поболее. А трудовым рублем зазря разбрасывать не следоват, лучше на него гостинцы дитю купить.

Однако ж проверять как-то надо б тож, а то на авось и на-вернуться можно. Стал-быть, нужен струмент, ибо для справно-го мастерового человека струмент есть первый предмет. Как быть, братие? Правильно, надо струмент самому сварганить, пушай неказистый, лишь бы свое дело делал, помеху б пус-кал.

Много чего тут можно было б полезного в пример привести, и релюшки самогенерящие, и пьзо-зажигалки от газовых плит приспособленные искру давать, и т.д. Одако ж по справедливости уделим внимание, братие, незатейливой, но жуть какой ядерной поделке из напильника. Для начала берешь изолирующий сетевой трансформатор, все ж какая-никакая а защита. Хорошо б ему еще фильтрок какой на вход присобачить, а то ведь как пойдет машинка помеху пускать, так в округе все приборы и протчие компунтели и коньки отбросить могут. Еще нужна индуктивная нагрузка, моторчик там, или ЛАТР, в об-счем чего под рукой будет.

Один провод от вторичной изолирующего транс соединяешь с индуктивной нагрузкой. Второй же провод от вторичной изолирующего транс крокодильчиком цепляешь у преслову-тому напильнику. Напильник лежмя закрепляешь на изолирующей подставке потяжелее, чтоб все енто не елозило. Напиль-ник лучше взять поглубже, а то и рашпиль даже. Второй про-вод от индуктивной нагрузки цепляешь к отвертке ненужной, только ручка ейная должна быть из пластика. Прибор готов. Жутковат, конечно, и убиться об его можно, да ведь все под богом ходим...

Работать с ним так. Перво-наперво встаешь на изолирующей коврик, суешь одну руку в карман свой (обычно пустой и с дыркой, но енто к делу не относится), и пока тестируешь руку из кармана не вынай, дабы ненароком ею за что не ухватиться. Ежели устройство проверяемое питание от сети получает то включаешь его во вторичную ентого изолирующего транс. Кладешь свое устройство неподалеку от напильника, включаешь сеть и начинаешь отверткой об напильник шваркать. ЛАТР икает, из-под отвертки искры летят, но бледные такие, поскольку через индуктивную нагрузку ток невелик. Однако ж спектр у помех от искр от ентих - ого-го. И по эфиру машинка излучает, и в сеть пускает. А ежели ЛАТР помощнее - то машинка и форму сетевой синусоиды сбивает порой так что пересечение сети через ноль скачет как ошалелое на пару миллисекунд от сво-го законного месту. Ежели какой вентилятор заместо ЛАТРа пользоваться то сеть не калечится, зато высокочастотные поме-хи бьются и покруче чем от ЛАТРа.

И скажу вам по совести, братие, что ежели ваши устройства такие издевательства над собой стерпят и не сбьются - значит и впрямь устойчивы они к помехам, и никакие премудрые за-гранишные машинки к тоему хвакту многого не добавят (хотя бывали отдельные случаи, но об ентом потом как-нибудь). А уж на реальном объекте пахать все будет без сучка и задоринки.

(тест "напильником" это не шутка, а реально применяемая во всем мире технология)

>Q: Каковы требования для сертификации устройств ?

>A: Смерть врагам империализма!

Ничтоже сумняшеся позволил себе предположить что вопрос об излучаемых помехах для многих обратном взад может быть зело волнующим и таинственным. Как это спокон веков водится, тон всему задали спесивые англичане с немцами. Стали они бурчать: безобразия, мол, наделали тут разной электроники всякие пеньки неотесанные, радио стало нельзя спо-

койно послушать, все хрипит и завывает. Давайте, гряд, мы им, неграмошным, хвост прижмем, введем такие законы чтоб из устройств их похабных грязь электромагнитная не выпирала никуда, ни в эфир, ни по проводам сетевым. И по этим законам коль нечистое устройство обнаружится, то с компании сразу штраф в тыщ в двести зеленых иль около, а с козла-менеджера который подписал это устройство к производству - хоть половину того, да зато с личного его, паскуды, счета, пушай знает почем фунт лиха. Тут хитро%`е с вопросами приступили - а ежели енто устройство не здесь произведено, а закуплено во всяких слаборазвитых странах, и на разработчиков-изготовителей их где сядешь там и слезешь?

А ничего, гряд им, мы тогда деньгу будем лупить с того кто енту мерзость в наших благодатных странах продает. И навязали-таки трудовому народу эти злыдни законы свои суровые, наплодили стандартов столько что и в три дня не усрешь. Ввели их по всей Европе, а потом и другие страны стали примазываться, окромя, конечно, штатов, которым всякие европейцы - не указ. Контролировать требуют двойко: на частотах от 150 кГц до 30 МГц - контактным способом, а выше 30 МГц и до 2 гиг - антеннами разными навороченными.

По сетевым проводам так делают: ставят фильтр-нормализатор, он приходящие из сети побочные помехи глушит и создает для проверяемого устройства стандартную нагрузку по ВЧ, ом так в 50. Цепляют к сетевым проводам со стороны проверяемого устройства специально переделанный анализатор спектра, у которого селективность и квазипиковый детектор подогнаны под типичную характеристику обычного АМ радиоприемника. И смотрят где проверяемое устройство зудит более всего. И для бытового устройства требуют не более 66 дБмкВ (т.е. 2мВ на ентом квазипиковом), а для устройства ВТ типа компютера дают послабление до 72 дБмкВ (т.е. 4мВ), причем проверяют и на фазном проводе и на нейтрали относительно земли. К любым другим железякам/проводам торчащим из устройства тоже цепляют анализатор и меряют помеху через согласующую цепочку, а уровень той же помехи должен быть какхись не более 80 дБмкВ.

С частотами ж выше 30 МГц прет, братие, чистая радиотехника: антенны, парализации и протчее колдовство. С внешними помехами злыдни вот чего удумали: сначала меряют уровень ЕМІ при выключенном проверяемом устройстве, потом при включенном, а потом вычитают одно из другого.

(Прим. на самом деле - это неверно. Окружающий фон и излучение некоррелированы, поэтому складываться и вычитаться не могут)

И вставляют каждое лыко в строку, не усредняют по спектру, а выбирают самый худший результат из намерянного и злорадно тычут его тебе в харю. Развели по всем ентим странам тестовых лабораторий видимо-невидимо. Кои из ентон нечисти аккредитованные, кои нет, но у всех гонору много, и за полный тест тыщонку зеленых сосстричь не упустят.

(Прим. На самом деле, полный тест стоит намного дороже, но если Вы делаете эти тесты достаточно часто - кто Вам мешает купить себе спектроанализатор и делать тесты самим?)

Вот суешь ты им деньги, представляешь устройство с инструкцией как пользоваться, они все это хвать - и в норку. А опосля вылезают оттеда и дают тебе свой сраный "репорт". Смотришь ты в его как баран, и только что и можешь уразуметь что, скажем не прошел ты по ентим законам бесчеловечным на таком-то тесте на такой-то частоте. И что теперь? Лезешь в устройство, подправляешь, делаешь какхись все путём. Но дальше-то чего? Опять идешь к кровососам, опять они тебя стригут как овцу, опять чего-то заваливается. И так можно деньги спускать почище чем в казино.

Но ничего, постепенно народ приспособился, поднаторел в этом деле чтоб зазря не платить. Ин утешение себе нашел, потому как всяких нахальных китайцев стало меньше на рынке, остались только те кто также ентон премудрости обучился и денег на учебу потратил, то есть не совсем уж шпана подзаборная. А те которые шпана, те, конечно, ломанулись в другие места, где законов драконовских нету, иль где есть люди

понимающие что закон - как дышло...

Сказка - ложь, да в ней намек, добрым молодцам урок.

>А: Для получения сертификата устройство должно обеспечивать электромагнитную совместимость в двух смыслах - во-первых, должно быть устойчиво к воздействию внешних помех, и во-вторых - само не создавать помех другим устройствам. Вторая часть требований включает в себя два нормируемых пункта:

1) кондукция ЭМП в токопроводящие конструкции и линии связи (сеть, телефонная линия), меряется в микровольтах в диапазоне частот от 0.15 до 100 МГц (в некоторых случаях - до 30 МГц)

(Прим: здесь неверно - кондуктивные помехи выше 30МГц вообще не меряют)

2) излучение РП в пространство, меряется в мкВ/м (то есть антенной) в диапазоне частот от 0.15 до 500 МГц (в некоторых случаях - до 30 МГц) Конкретные цифры в зависимости от частоты установлены ГОСТом и определяются классом устройства - эксплуатируемое вне жилых зданий, в жилых зданиях и вблизи со служебными радиоприемными устройствами.

По практическому опыту скажу, что выполнение этих требований для обычных устройств, не коммутирующих мощных реактивных нагрузок и не радиопередающих, не составляет большой проблемы. Более-менее грамотное конструирование и сетевой фильтр их вполне обеспечивают.

Что касается первой части требований (устойчивость к воздействию помех), то тут хуже. Требования сильно зависят от класса устройства, и бывает выполнить их проблематично. По устойчивости устройства делятся на 5 групп жесткости, первая - самая халаявая, пятая - способна работать в условиях ядерного взрыва, видимо. Мне, максимально, удавалось достичь третьей группы:

Требования таковы:

1) Устойчивость к ЭМП, распространяющейся по проводам и проводящим конструкциям (разряд конденсатора на корпус устройства). Напряжение по группам 500-1000-2000-4000-??? В. Длительность импульсов 50 мкс.

2) Похоже, но такое же напряжение подается в сеть электропитания (пачки импульсов наносекундной длительности). При этом обычно горят конденсаторы сетевого фильтра, и после этого устройство не проходит по уровню излучения в сеть :)

3) Те же пачки импульсов, но напряжение в два раза меньше, зато подается в сигнальные цепи (выходящие наружу, естественно). При этом горит все, что не защищено, всякие микропроцессоры ведут себя... Ну, понятно, как ведут.

4) Кратковременные многократные прерывания напряжения питания. Длительность прерываний по группам - 2-4-6-8-8 полупериодов 50Гц.

5) Длительные прерывания напряжения питания (10-50 полупериодов 50Гц)

6) Устойчивость к ЭМП, распространяющейся в пространстве (конденсатор 150пф разряжают на 330 Ом в воздухе, вблизи устройства). Напряжение по группам 2-4-6-8-?? кВ (контактный разряд) или 2-4-8-15-?? кВ (воздушный разряд). Этот пункт обычно проходит легко.

7) То же ЭМП в пространстве, но не разряжают конденсатор, а устройство помещают в электромагнитное поле 3-10 В/м, в диапазоне 0.1-500 МГц. Это тоже легко, если устройство - не радиоприемник.

8) Еще вроде бы была имитация разряда молнии, подробностей не помню. Это как в пункте 2, но напряжение - несколько киловольт, зато импульс однократный.

И после того, как Ваше устройство все эти издевательства выдержало, можете смело бежать в магазин за горячительным, ибо в протоколе о проведении сертификационных испытаний будет строка - требования по электромагнитной совместимости выдержаны! Группа жесткости такая-то.