



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Электромагнитная совместимость

**Разработка устройств на базе
микроконтроллеров PIC[®] Micro с
учетом обеспечения устойчивости
к EFT/ESD и ЭМС совместимости**

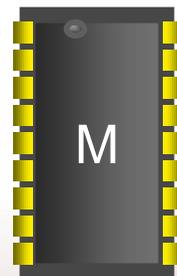
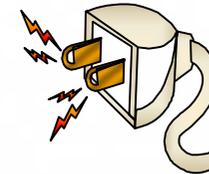
Цель

- | Дать основные понятия для понимания проблем ЭМС с акцентом на
 - | Электростатический разряд (ESD)
 - | Быстрый переходной процесс (EFT)
- | Объяснить критерии выбора компонентов
- | Дать рекомендации по расположению компонентов
- | Дать рекомендации по схемотехническим решениям



План

- | Обзор ЭМС
- | Что такое ESD?
- | Что такое EFT?
- | Выбор компонентов
- | Размещение компонентов
- | Микроконтроллерные системы



Обзор EMC

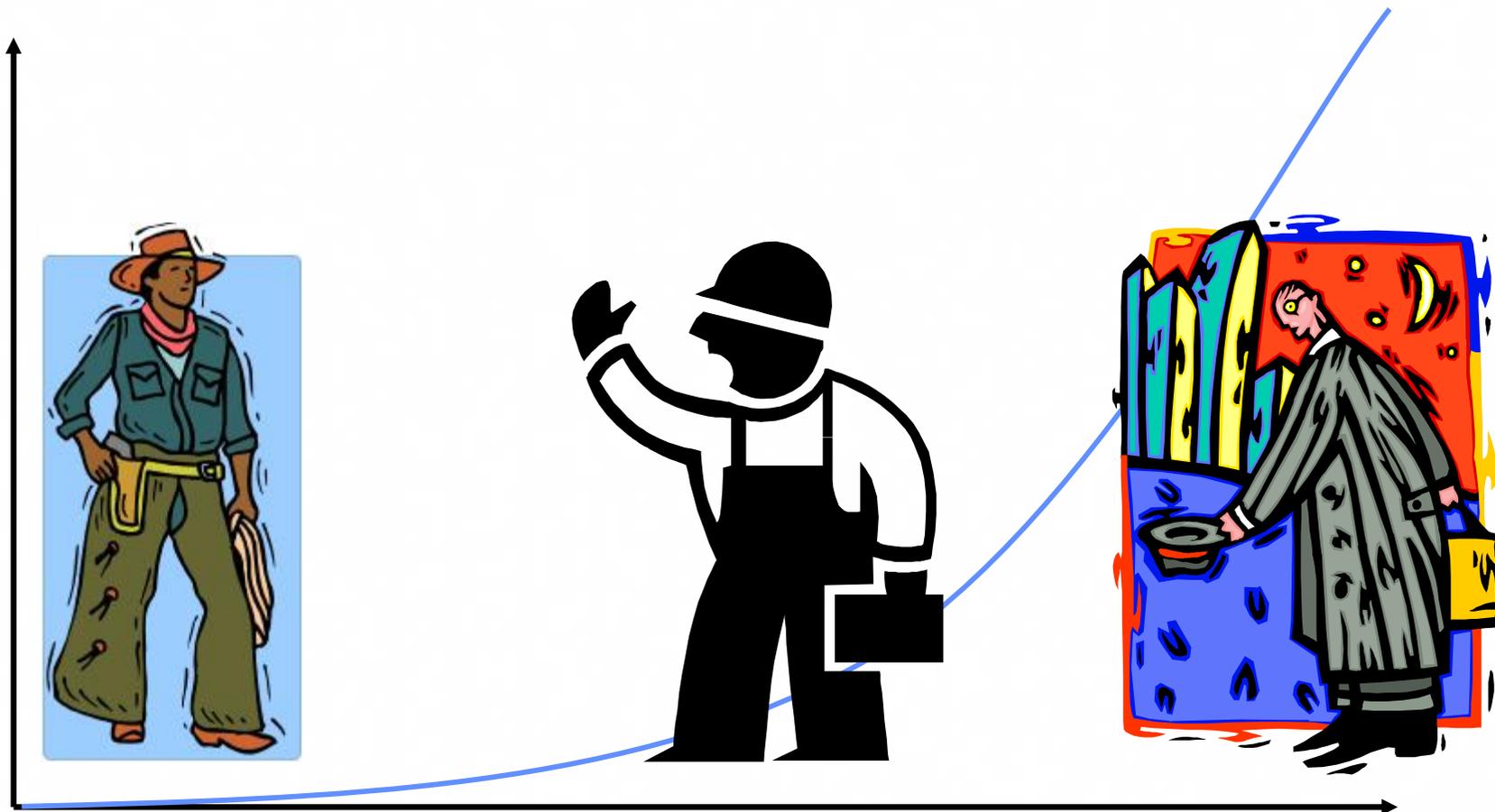
- | EMC – Электромагнитная совместимость
 - | Способность электронного устройства функционировать совместно с другими и не производить и быть устойчивыми к помехам
 - | Система является электромагнитно-совместимой если:
 - | Не производит помех другим системам
 - | Не восприимчива к помехам от других
 - | Не создает помех сама себе

Стандарты IEC

- | 60601 -> Medical electrical equipment
- | 61000-3 -> Electromagnetic Compatibility
- | **61000-4-2 -> ESD**
- | 61000-4-3 -> Radiated Electromagnetic Field
- | **61000-4-4 -> EFT/Burst**
- | 61000-4-5 -> Surge
- | 61000-4-6 -> RF Field Conducted disturbances
- | 61000-4-11 -> Voltage dips and interruptions

Цена достижения EMC

Цена исправления ошибок



Концепция Разработка Трассировка Прототип Тестирование Производство



Информация на сайте Microchip

Application Design Centers



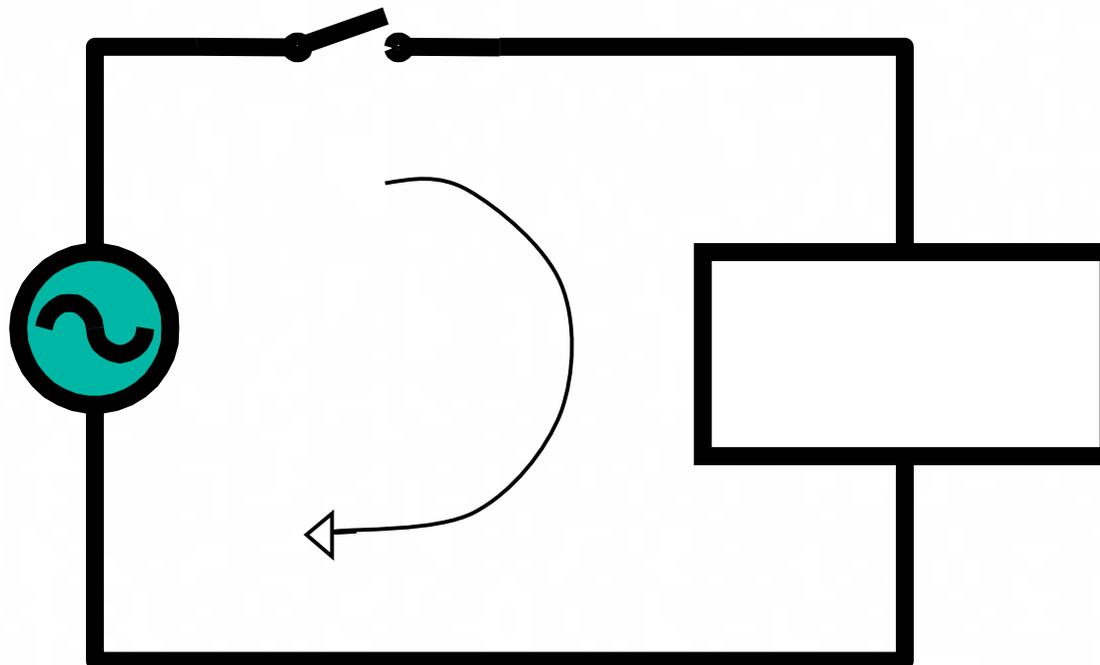
Applications Design

Microchip's design centers provide all the necessary information to get started on a new design within a specific application segment. Items found on the design centers include supporting products, application notes, reference designs and development tools.

- **[Getting Started with Microchip](#)**
Starting with Microchip Products.
- **[Automotive Solutions](#)**
Embedded control for automotive.
- **[Battery Management Solutions](#)**
Power management in portable
- **[Connectivity Solutions](#)**
 - **Wired:** [CAN](#), [Ethernet](#), [LIN](#), [USB](#)
[CAN](#), [Ethernet](#), [LIN](#), [USB](#)
 - **Wireless:** [ZigBee™](#), [Infrared](#), [Radio Frequency](#)
 - **Internet:** [TCP/IP](#)
- **[Home Appliance Solutions](#)**
Appliance design and motor control.
- **[High Pin Count/High Density Memory](#)**
Robust, Award Winning, PIC Architecture
- **[KEELOQ® Authentication Solutions](#)**
Remote security and keyless entry.
- **[LCD Solutions](#)**
LCD PIC MCUs and Analog Solutions.
- **[Low Power Solutions](#)**
nanoWatt and analog solutions.
- **[Designing for Mechatronics](#)**
Add intelligence to mechanical design.
- **[Motor Control Solutions](#)**
Motor control applications
- **[World's Smallest Microcontrollers](#)**
The PIC10F Family in a six-pin package.
- **[EMC Design](#)**
Improve the robustness of your design
- **[Start Now](#)**

ОСНОВЫ ШУМОВ

I Петли

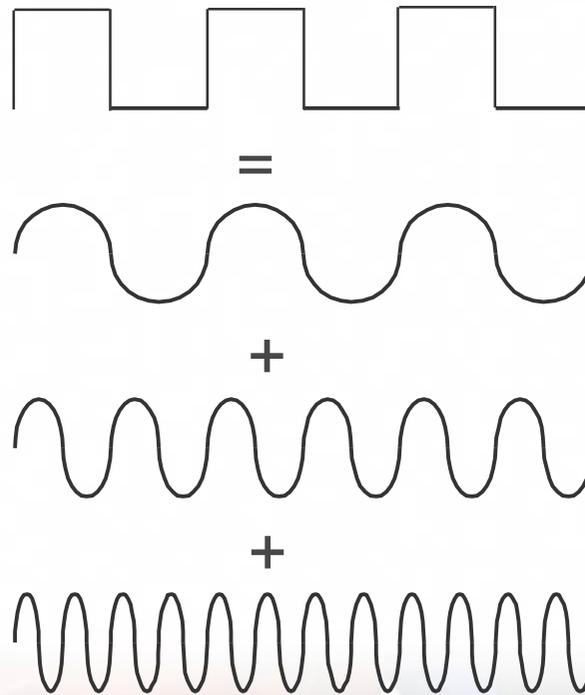


EMC Newsletter

Issue 2: Каждая петля является антенной

ОСНОВЫ ШУМОВ

- | Внутренние
 - | Коммутация





YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Что такое ESD?



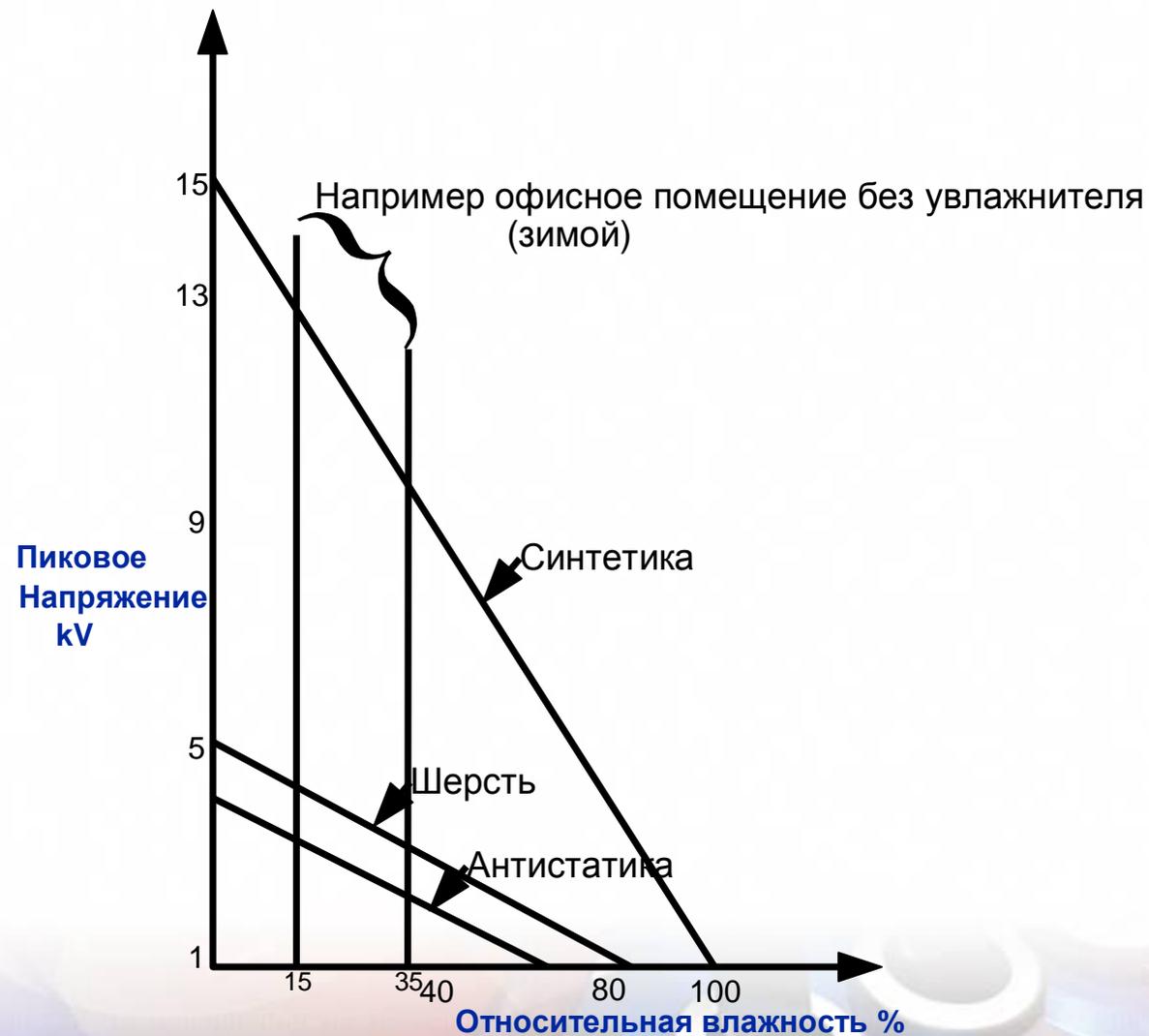
EMC Newsletter
Issue 1: What is ESD?

Что такое ESD?

- I Разряд статического электричества

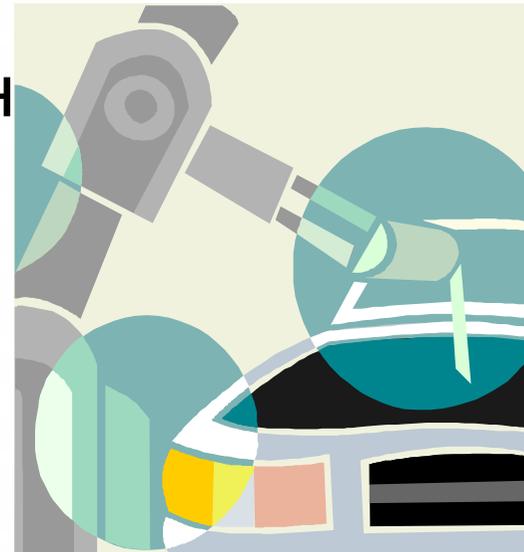


Почему мы должны заботиться о ESD?



ESD

- | Необходимо рассматривать влияние ESD в зависимости от контекста
 - | Производство микросхем
 - | Производство изделия
 - | Использование оборудования



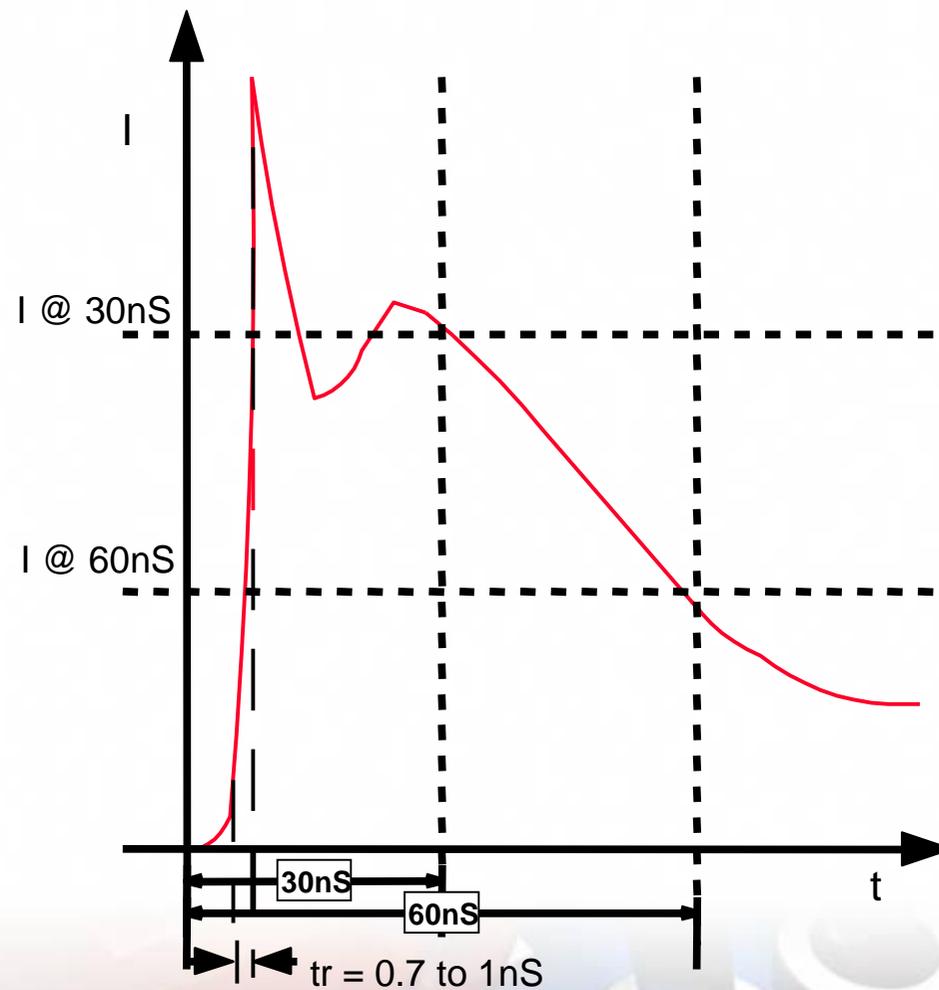
IEC 61000-4-2

- | Конечное применение изделия
- | Стандарт определяет
 - | Форму тестового напряжения
 - | Уровни тестовых воздействий
 - | Тестовое оборудование
 - | Подключение оборудования
 - | Процедуру тестирования



IEC 61000-4-2

форма тестового воздействия



IEC 61000-4-2

уровни тестовых воздействий

Contact Discharge		Air Discharge	
Level	Test Voltage (kV)	Level	Test Voltage (kV)
1	2	1	2
2	4	2	4
3	6	3	8
4	8	4	15
X	Special	X	Special

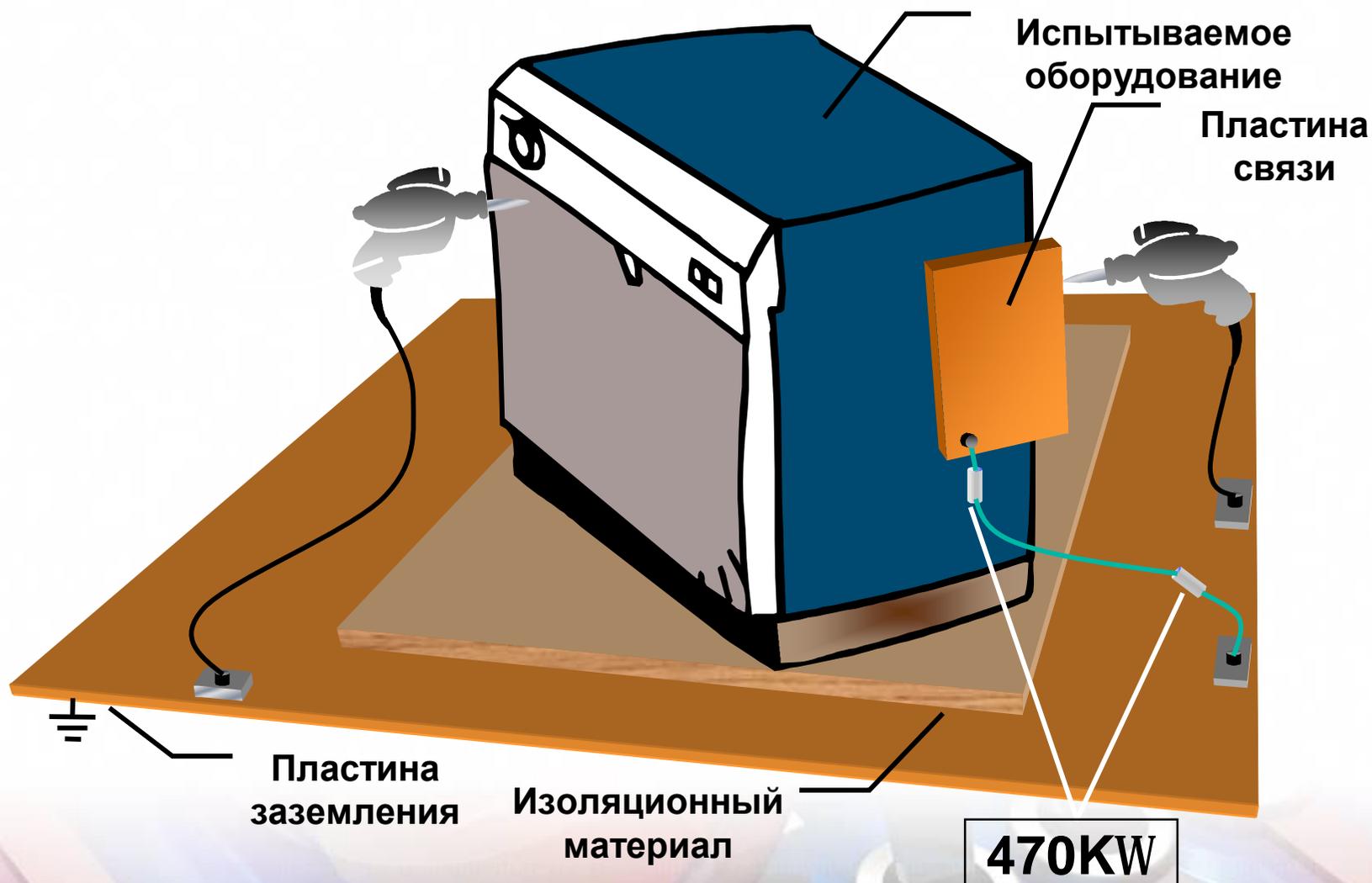
IEC 61000-4-2

параметры тестовых воздействий

Level	Voltage (kV)	First Peak Current (A)	Rise time tr nS	Current at 30nS (A)	Current at 60nS (A)
1	2	7.5	0.7 to 1	4	2
2	4	15	0.7 to 1	8	4
3	6	22.5	0.7 to 1	12	6
4	8	30	0.7 to 1	16	8

IEC 61000-4-2

Схема установки (напольное оборудование)



IEC 61000-4-2

ТЕСТОВЫЕ ТОЧКИ

- | Электрически изолированные металлические секции
- | Органы управления или клавиатуры или другие точки интерфейса человек-машина
- | Индикаторы, светодиоды, крышки разъемов и т.п.



Стратегия обеспечения устойчивости к ESD

- | Выбор материала
- | Определение точек контакта
- | Ограничение тока
- | Низкоиндуктивная земля.



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Что такое EFT?



EMC Newsletter

Issue 1: What is EFT?

Что такое быстрый переходной процесс (EFT)?

- I Импульсная помеха которая может быть воспроизведена переключением индуктивной нагрузки.
- I Наносекундные импульсные помехи

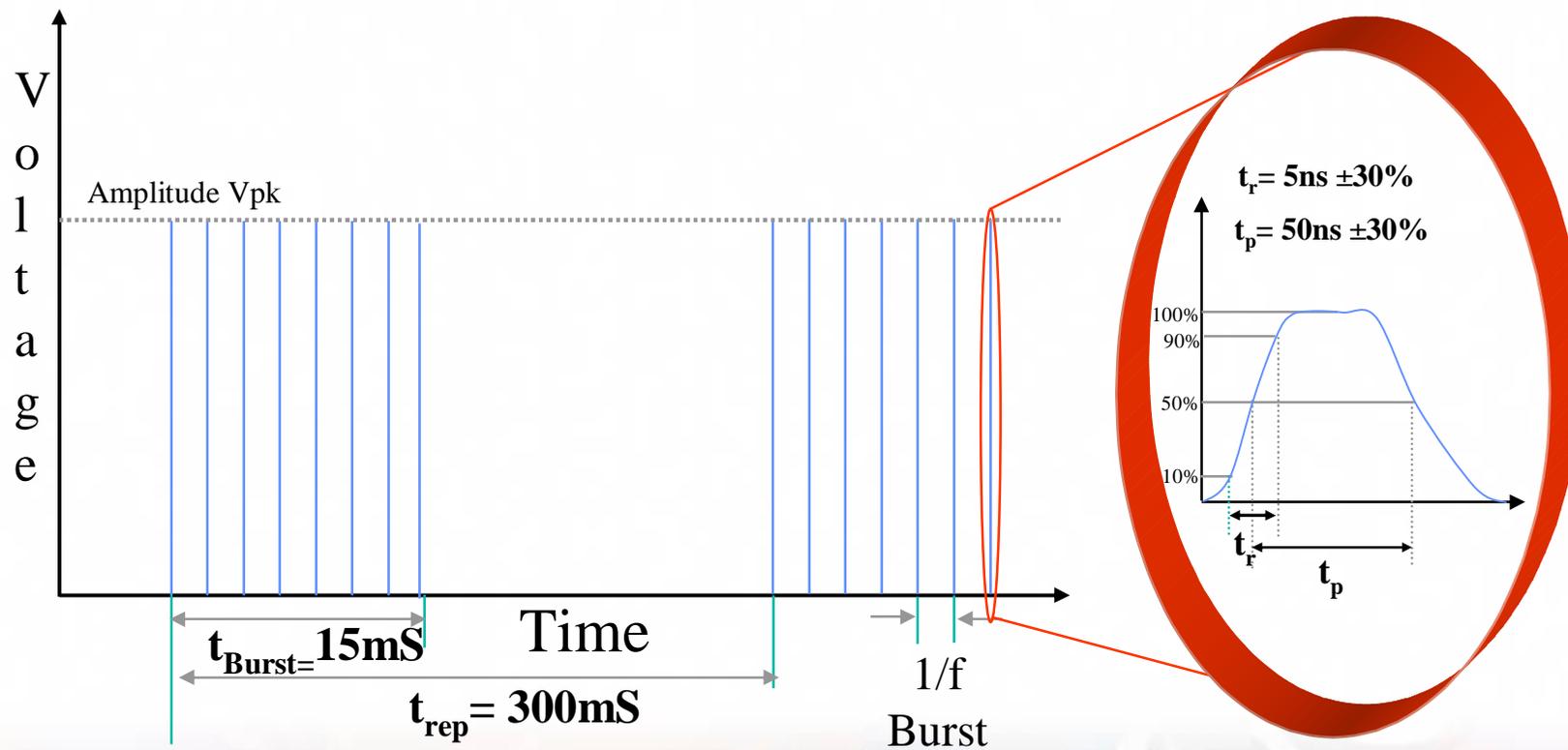


IEC 61000-4-4

- | Стандарт определяет
 - | Форму тестового напряжения
 - | Уровни тестовых воздействий
 - | Тестовое оборудование
 - | Подключение оборудования
 - | Процедуру тестирования

IEC 61000-4-4

форма тестового воздействия



IEC 61000-4-4

уровни устойчивости

Level	Power Supply Ports		I/O signal, data and control Ports	
	Voltage Peak kV	Repetition rate kHz	Voltage Peak kV	Repetition rate kHz
1	0.5	5	0.25	5
2	1	5	0.5	5
3	2	5	1.0	5
4	4	2.5	2.0	5
X	Special	Special	Special	Special

IEC 61000-4-4

выбор классификации

I Критерии выбора

- I Хорошо защищенная среда -> Level 1
- I Защищенная среда -> Level 2
- I Типовое промышленное окружение -> Level 3
- I Промышленное оборудование, работающее в жестких условиях -> Level 4

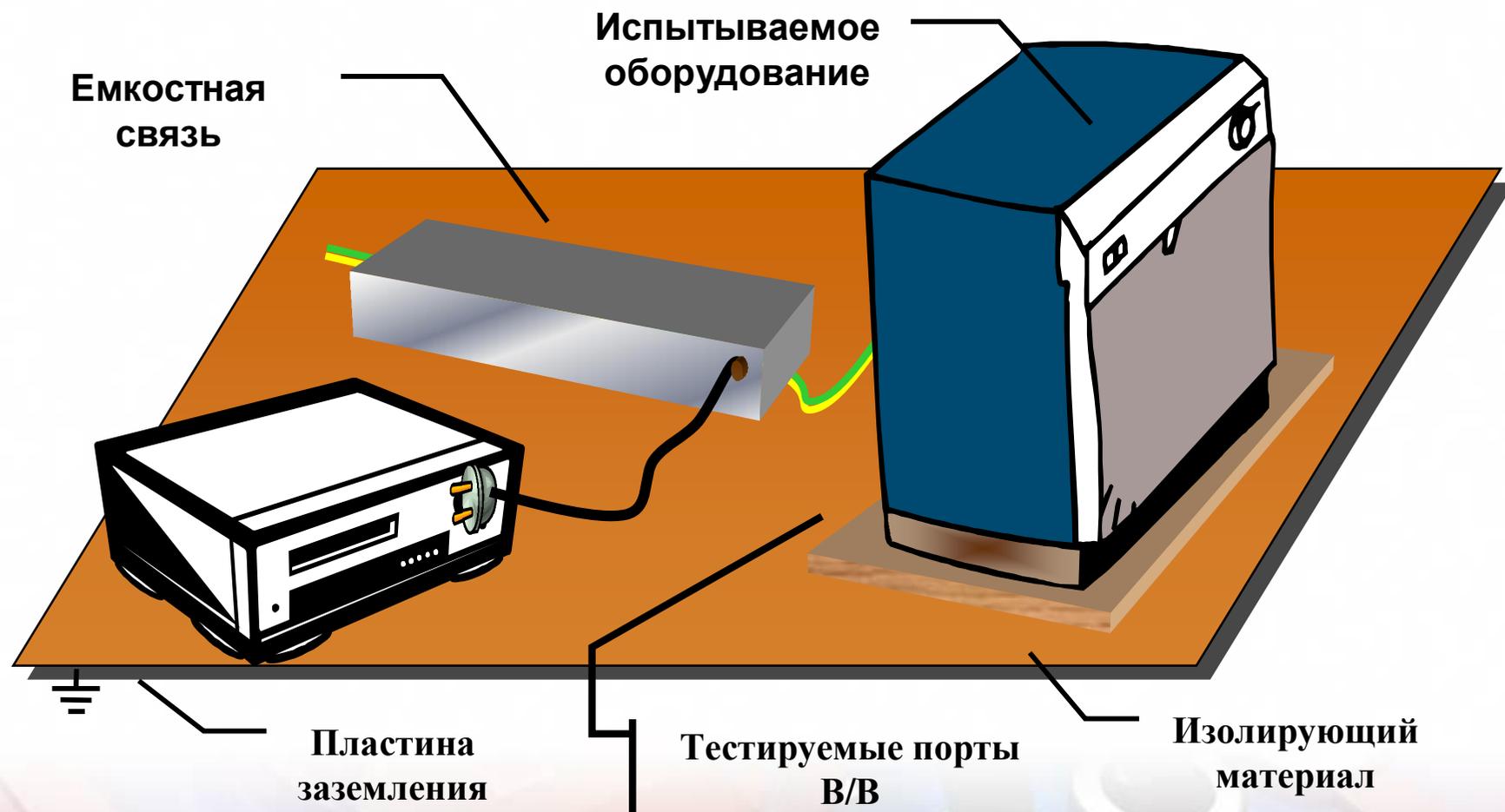
IEC 61000-4-4

Схема установки (помеха в цепь питания)



IEC 61000-4-4

Схема установки (порты В/В)





Методы достижения устойчивости к EFT

- | Фильтры
- | Защитные цепи
- | Изолирующие трансформаторы
- | Регуляторы напряжения
- | Изолирование высоковольтных цепей

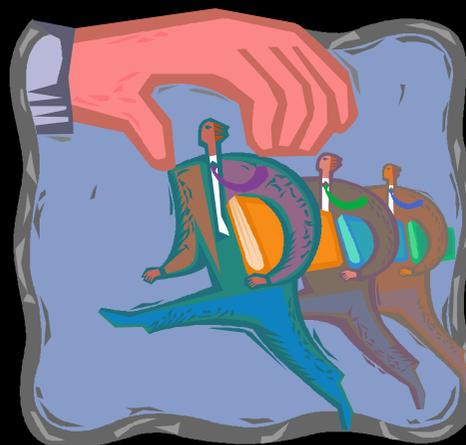
IEC 61000-(4-2 Vs 4-4)

<i>Characteristics</i>	<i>ESD (4-2)</i>	<i>EFT (4-4)</i>
<i>Max Voltage</i>	Up to 15kV	Up to 4kV
<i>Energy</i>	<10mJ	<= 300mJ
<i>Rep Rate</i>	Single Impulse	Multiple Pulses @ 5KHz
<i>Spectrum</i>	□1GHz	□100MHz

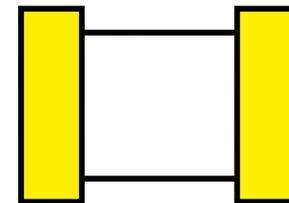
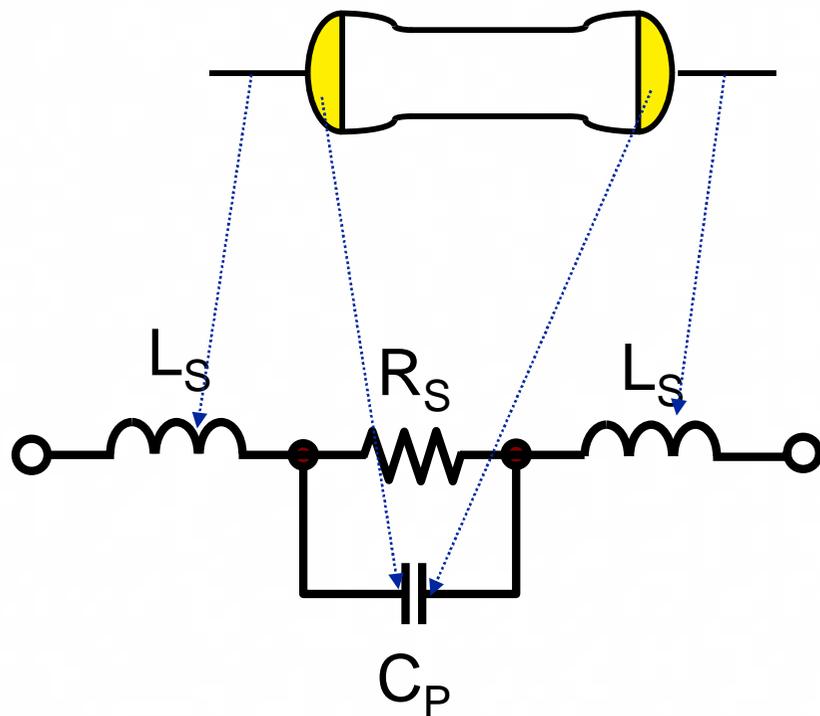


YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Выбор компонентов



Резисторы



Пример

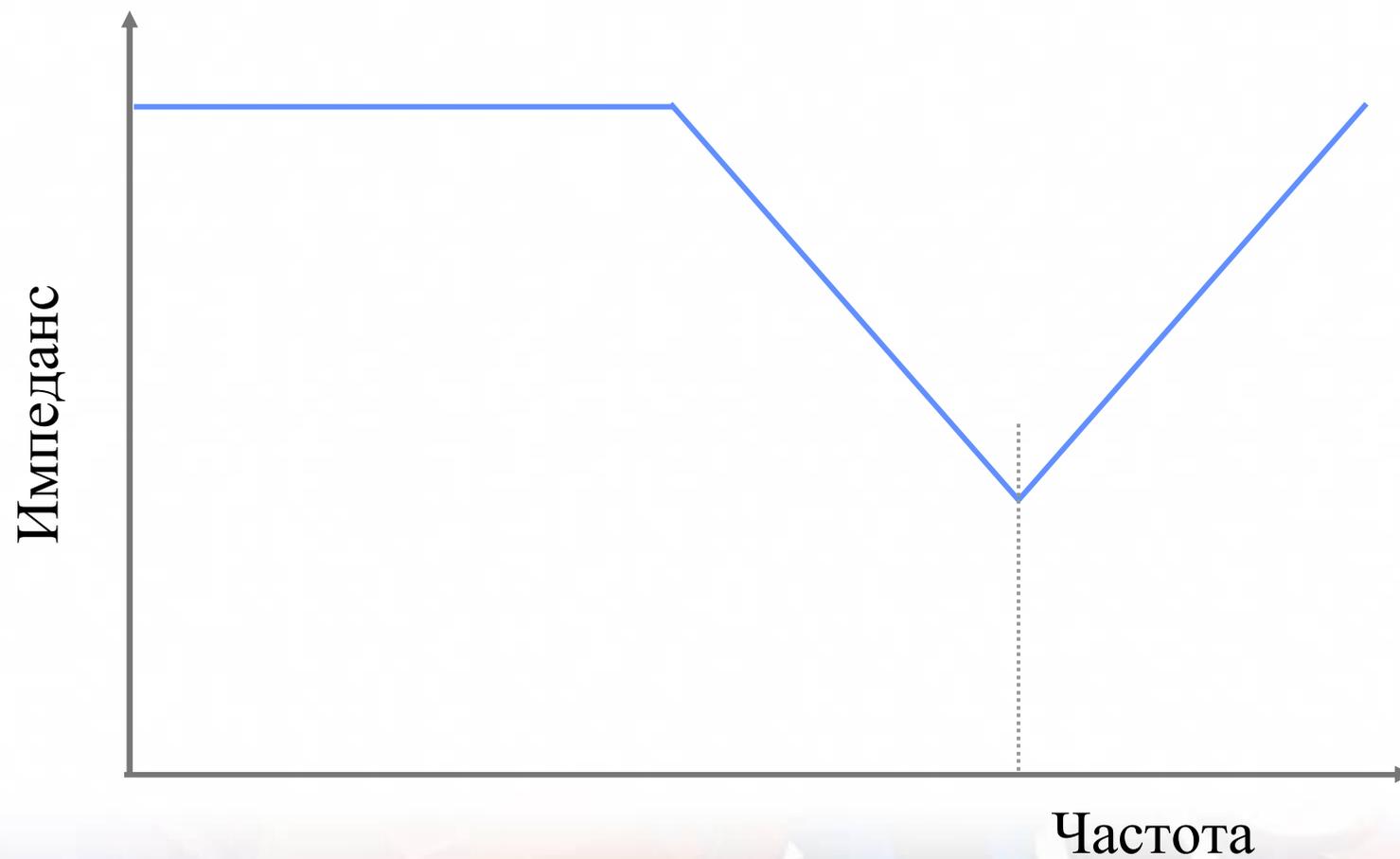
МЛТ

$R = 1.00 \text{ M}\Omega \pm 1\%$

$L_s \approx 5 \text{ nH}$

$C_p \approx 0.5 \text{ pF}$

Импеданс резистора

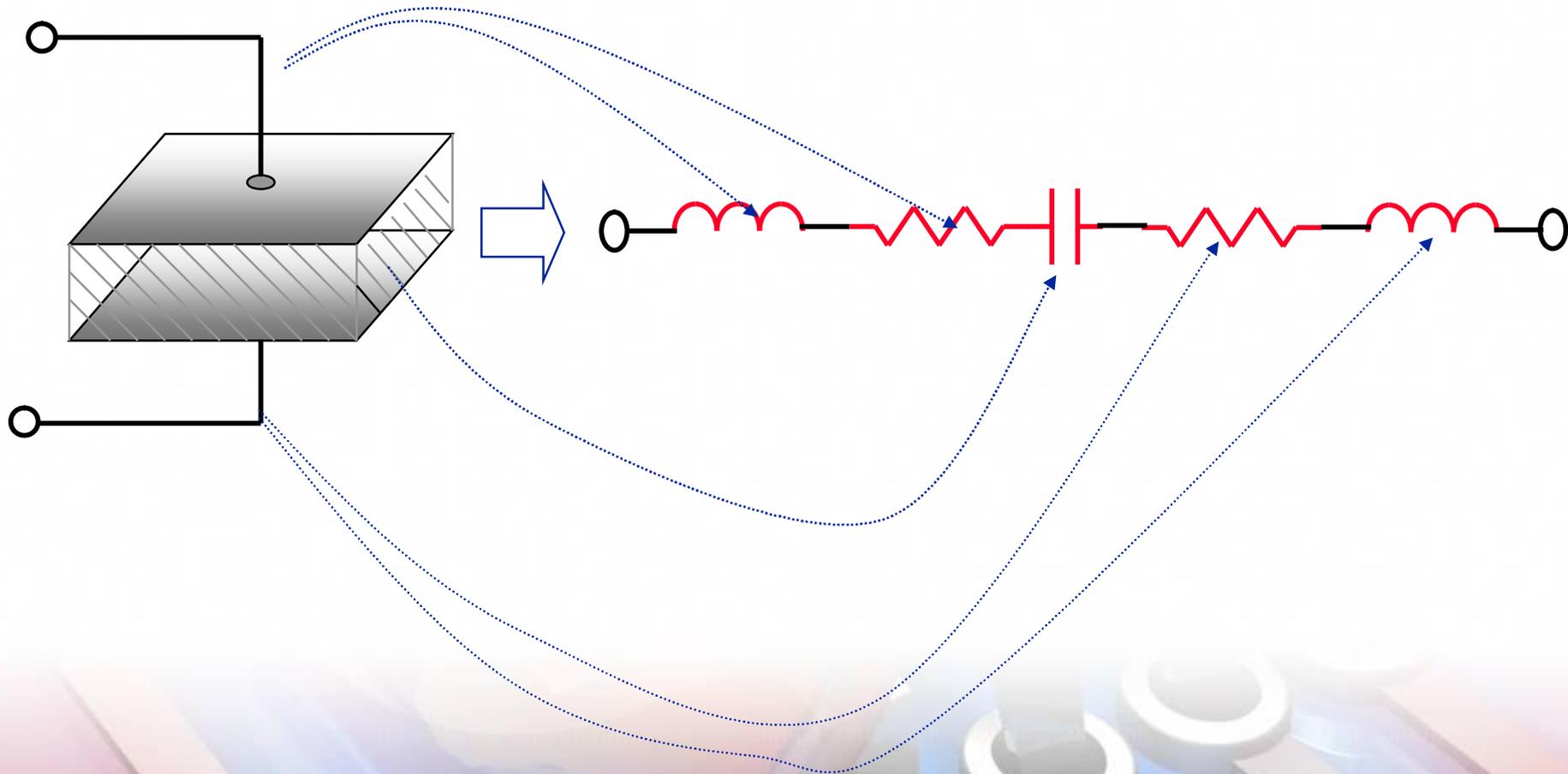


Резисторы

- | SMT & тонкопленочные
 - | Хорошо для высокочастотных цепей
 - | Плохо для защиты от ESD. Возможно проскакивание искры в обход резистора.
- | Пленочные подходят для высокоомощных и прецизионных схем
- | Проволочные – для высокоомощных цепей
 - | Не применять в высокочастотных и чувствительных цепях

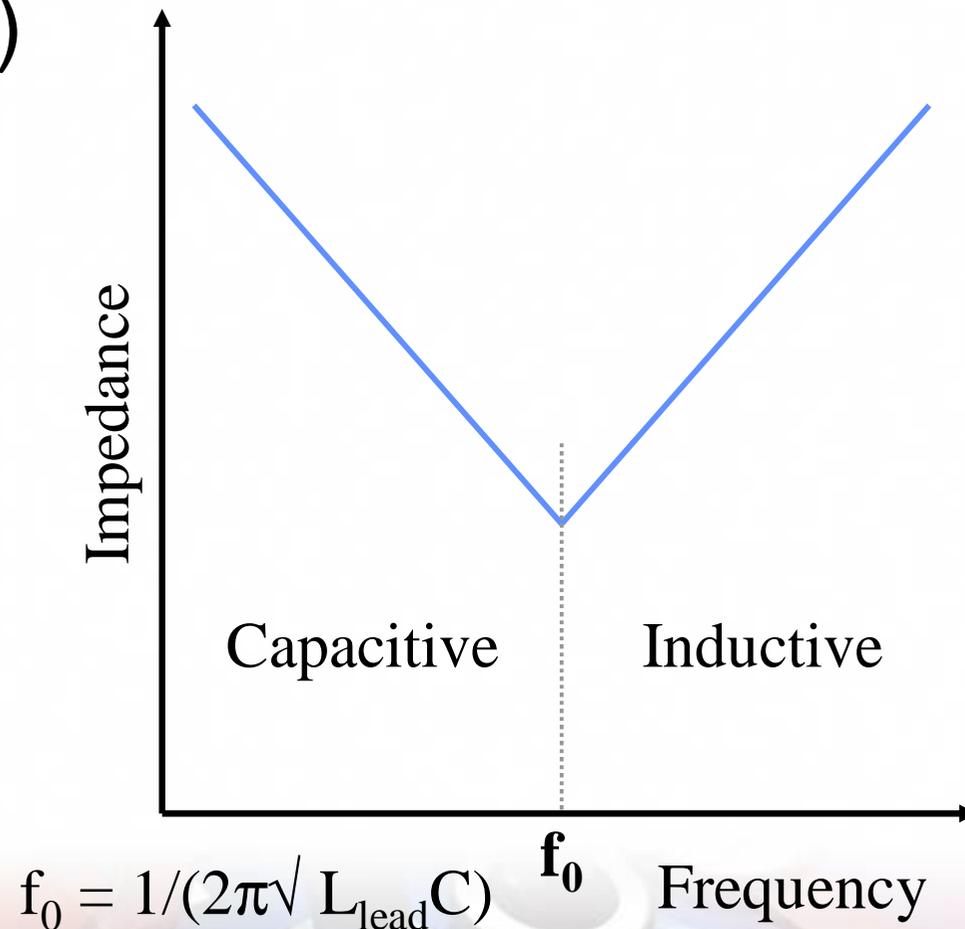
Конденсаторы

Эквивалентная модель



Конденсаторы

- | Собственное сопротивление (f_0)
 - | Импеданс индуктивности такой же как у конденсатора
 - | Магнитуда импеданса такая же, но другого знака
 - | Импеданс проводника – как у резистора



Конденсаторы

I Собственный резонанс разных конденсаторов

зна	выводные	SMT
1.0uF	5MHz	5MHz
0.1uF	8MHz	16MHz
0.01uF	25MHz	16MHz
1000pF	80MHz	16MHz
100pF	250MHz	500MHz
10pF	800MHz	1.6GHz

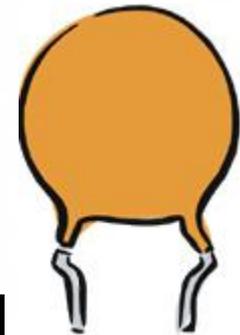
Большее не всегда значит лучше

Конденсаторы

Тип	Макс. частота (прибл.)
Электролитический	100 kHz
Танталовый	1 MHz
Бумажный	5 MHz
Слюдяной	500 MHz
Керамический	1 GHz

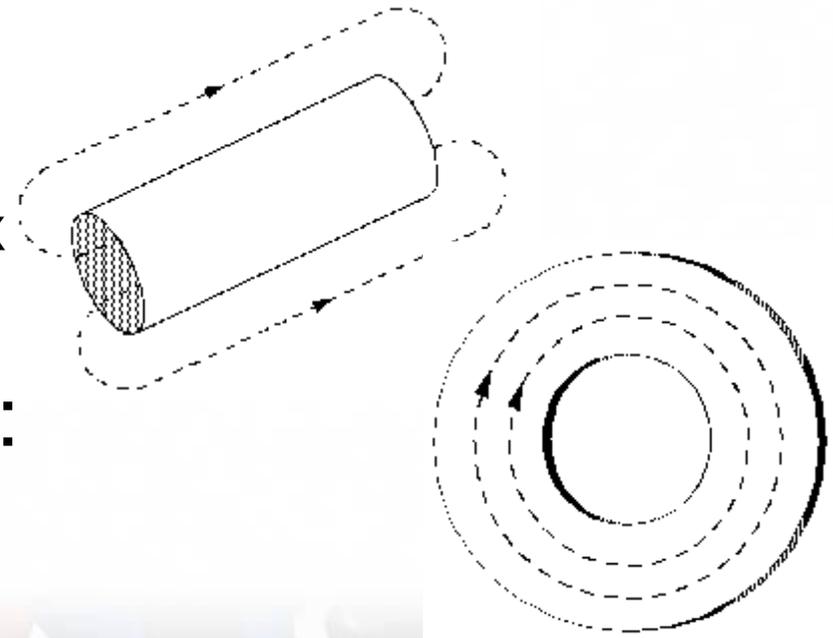
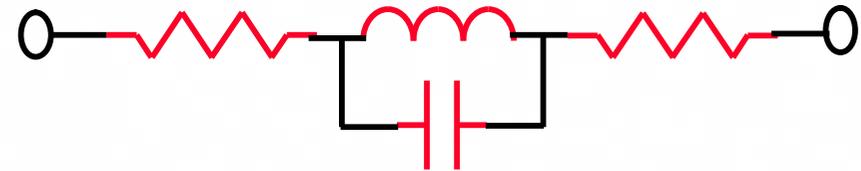
Конденсаторы

- | Электролитические и танталовые
 - | Высокое значение емкости
 - | Для фильтрации на низких частотах
 - | Используются как хранители заряда
 - | Электролитические имеют высокую индуктивность
 - | Танталовые имеют низкий ESR
- | Керамические конденсаторы
 - | Малые значения емкости
 - | Maintain ideal behavior up to much higher freq
 - | Фильтрация на средних и высоких частотах

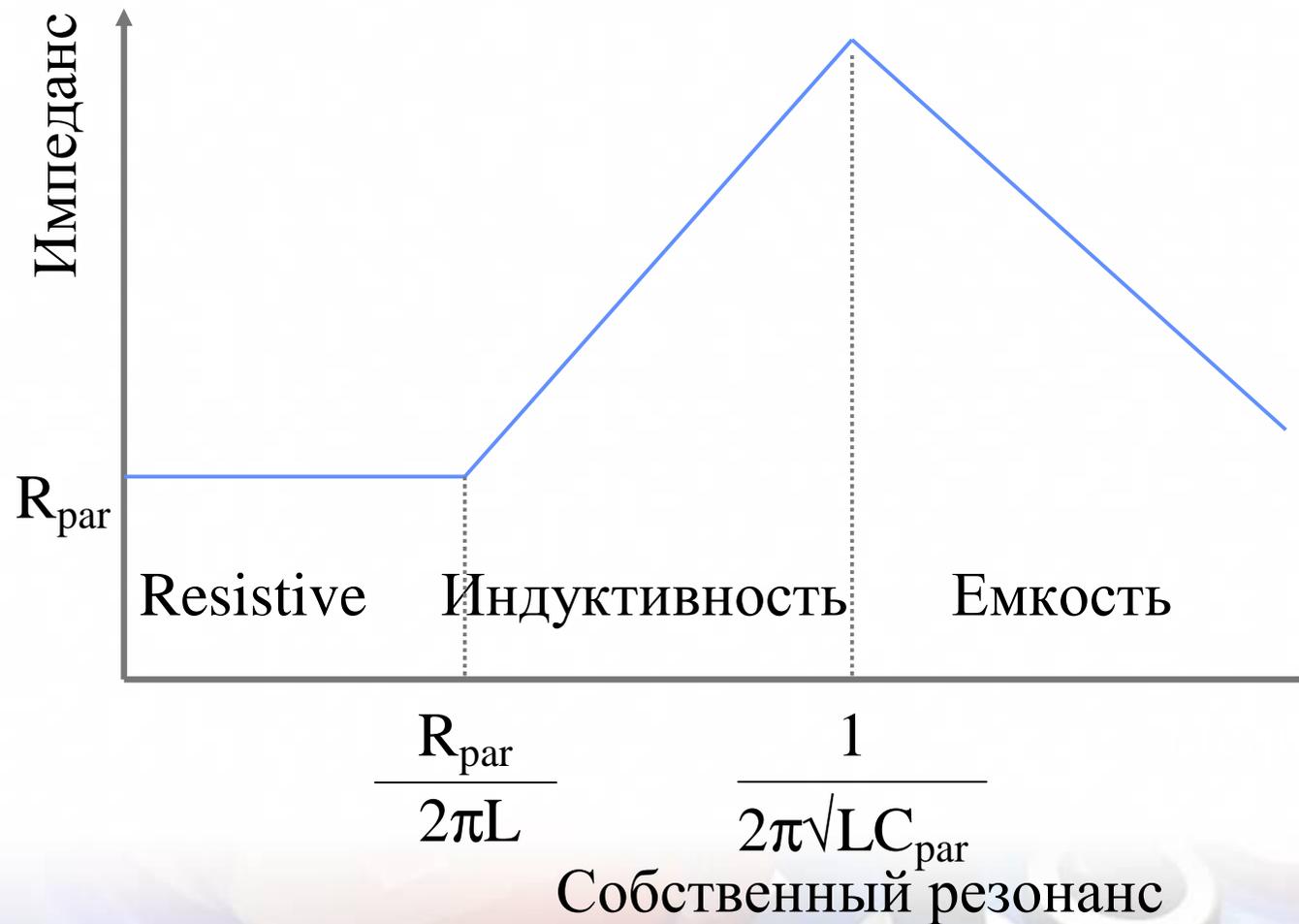


Индуктивность

- | Нет паразитной индуктивности
 - | Нет разницы между выводными и SMD
- | Разомкнутый сердечник
 - | Магнитное поле замыкается через воздух
- | Замкнутый сердечник: тороидальный
 - | Магнитное поле замыкается внутри



Индуктивность



Индуктивность

- | Индуктивности с разомкнутым сердечником увеличивают EMI
- | Индуктивности с замкнутым сердечником слабо восприимчивы к внешним помехам
- | Индуктивности используются для решения EMC в случаях
 - | Когда сигналы DC или меняются медленно
 - | Низкого импеданса нагрузки
 - | Конденсаторы лучше для высокоомной нагрузки

Индуктивность

- | Два типа материала сердечника
 - | Железо: для низких частот (kHz)
 - | Феррит: для высоких частот (MHz)
- | Ферритовая бусинка
 - | Даёт ~10dB подавления высоких частот
 - | Низкое подавление и сопротивления на низких частотах
 - | Проверьте зависимость частота-импеданс

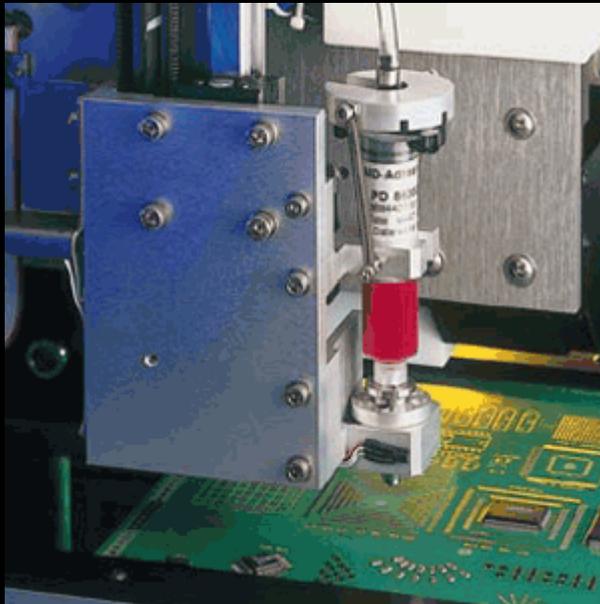
Сравнение супрессоров

<i>Device</i>	<i>V/I curve</i>	<i>Speed</i>	<i>Energy cap..</i>	<i>Loss</i>	<i>Cost</i>
Ideal	Sharp/ Flat	Fast	Infinite	None	Free
MOV	Sharp/ Non-Lin	Med	High	High	Low
SAD	Sharp/ Flat	Fast	Low	Low	Mod
GDT	Erratic/ Non-Lin	Slow	High	Low	Mod to High
Thyristor	Sharp/ Flat	Med	High	Low	Mod
Spark Gap	Erratic/ Non-Lin	Slow	High	Low	Low



YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Размещение элементов



EMC Newsletter

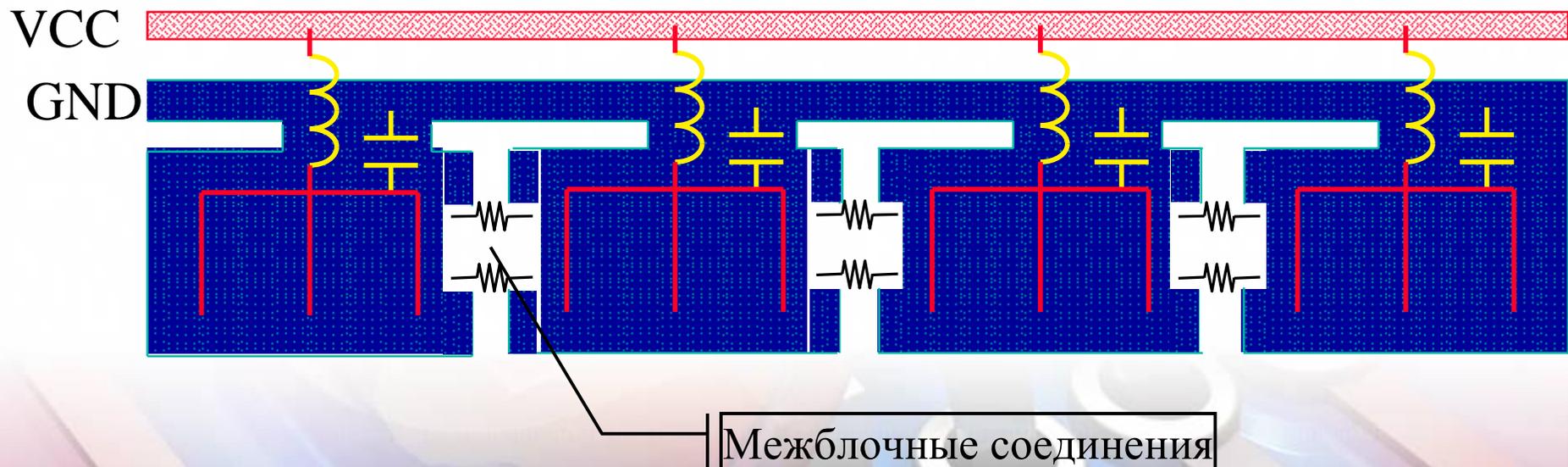
Issue 2: The art or Science of component placement

Разработка общей топологии

- | Разделение на функциональные области
 - | Разделение различных сигналов
 - | Низкочастотные vs. высокочастотные
 - | слаботочные vs. мощные
 - | Разделение по функциям
 - | Аналоговые vs. цифровые
 - | Питание vs. сигнальные
 - | Силовые драйверы vs. управляющие

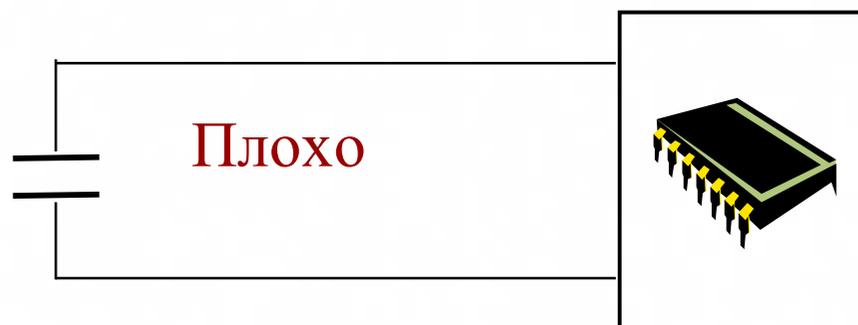
Сегментация схемы

- Сегментация схемы
 - Физическое разделение участков схемы для снижения взаимного влияния
 - Цепи с большим током и/или высокой частотой должны располагаться ближе к источнику питания

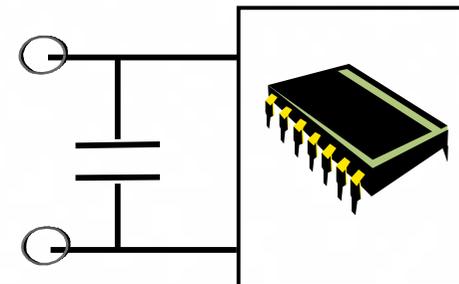


Развязка

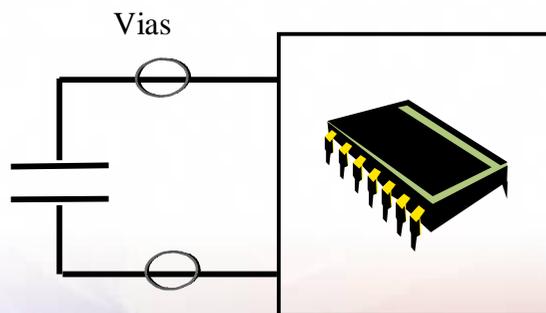
- I Развязка от источника питания и других частей схемы.
- I Для цифровых микросхем, Конденсатор – в первую очередь фильтр от собственных помех



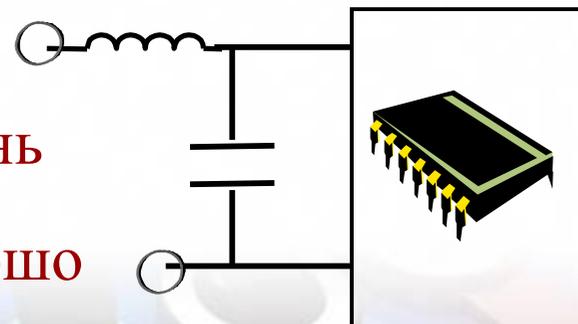
Лучше



Хорошо

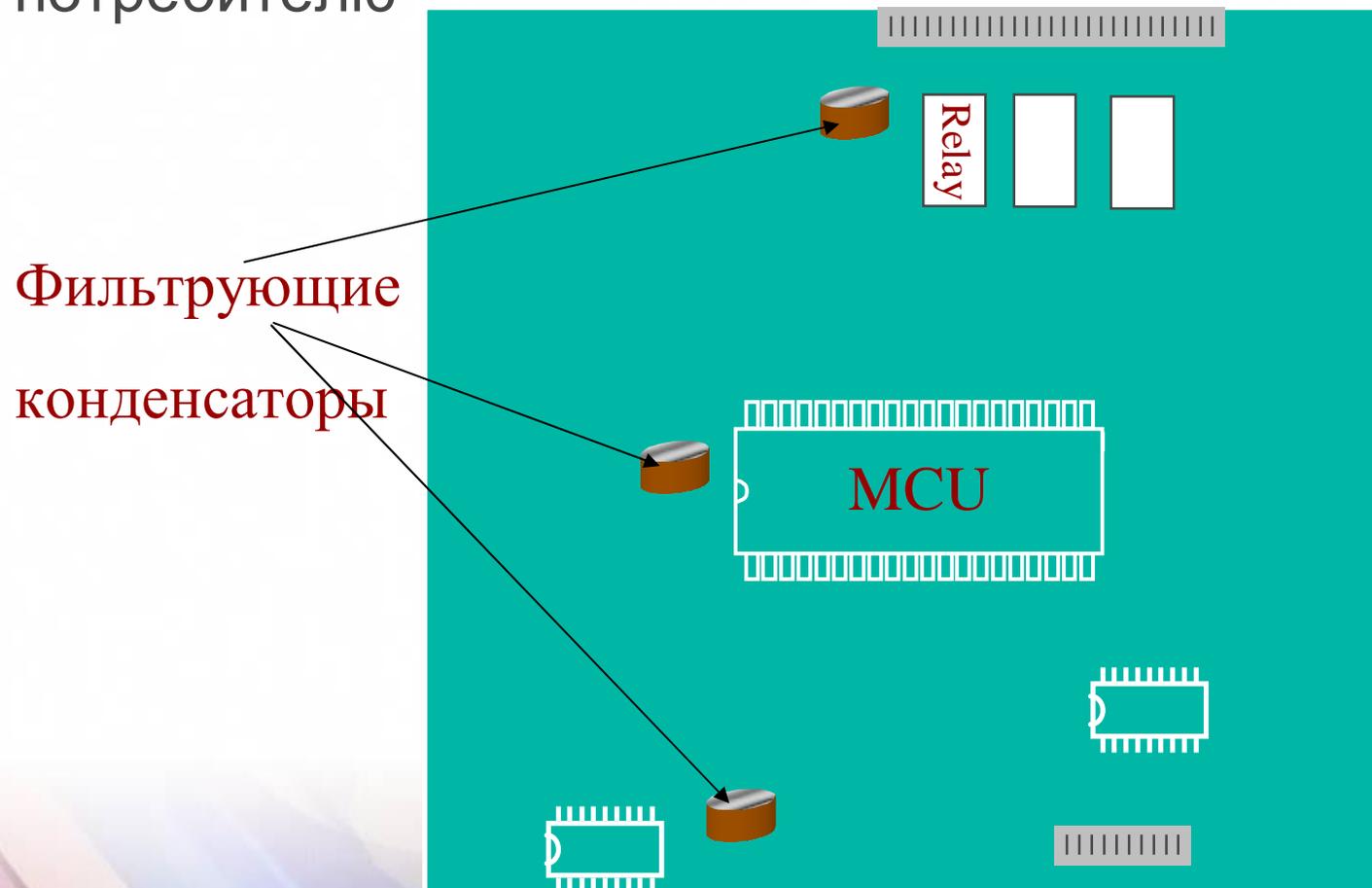


Очень
хорошо



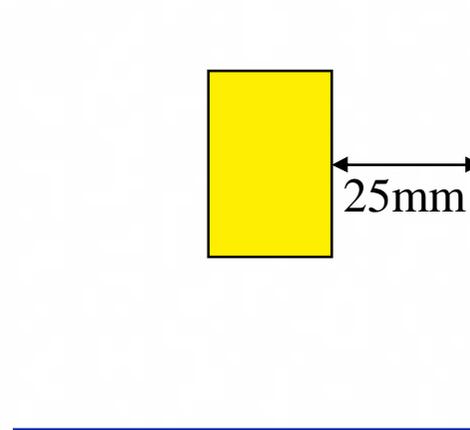
Размещение конденсаторов

- I Располагайте фильтрующие конденсаторы ближе к потребителю



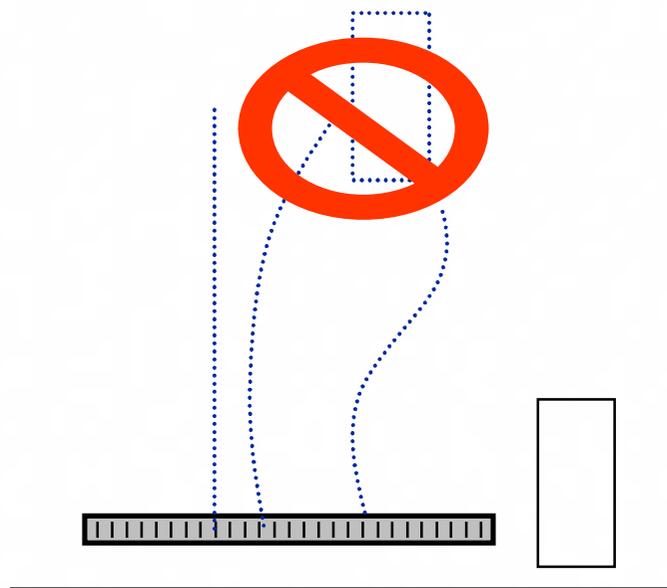
Расположение элементов

- I Располагайте восприимчивые компоненты дальше от края платы

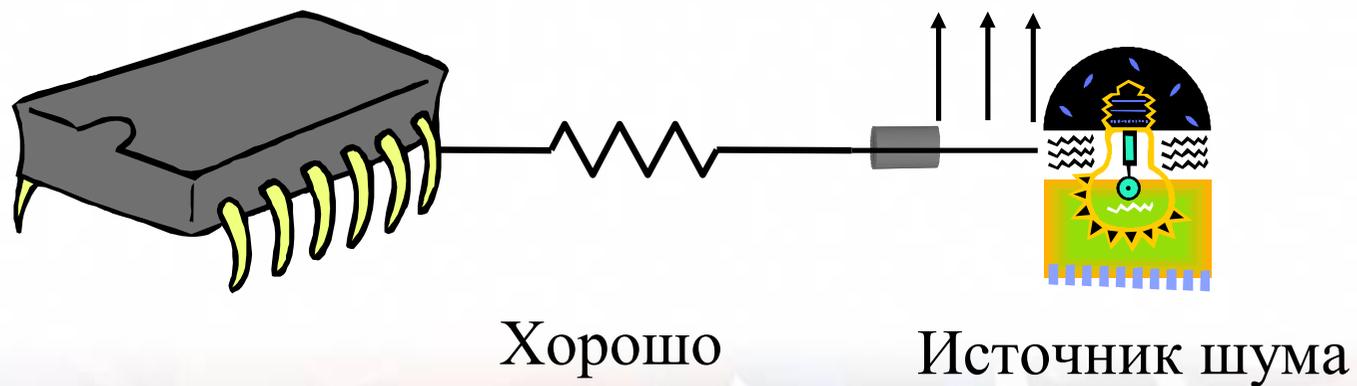
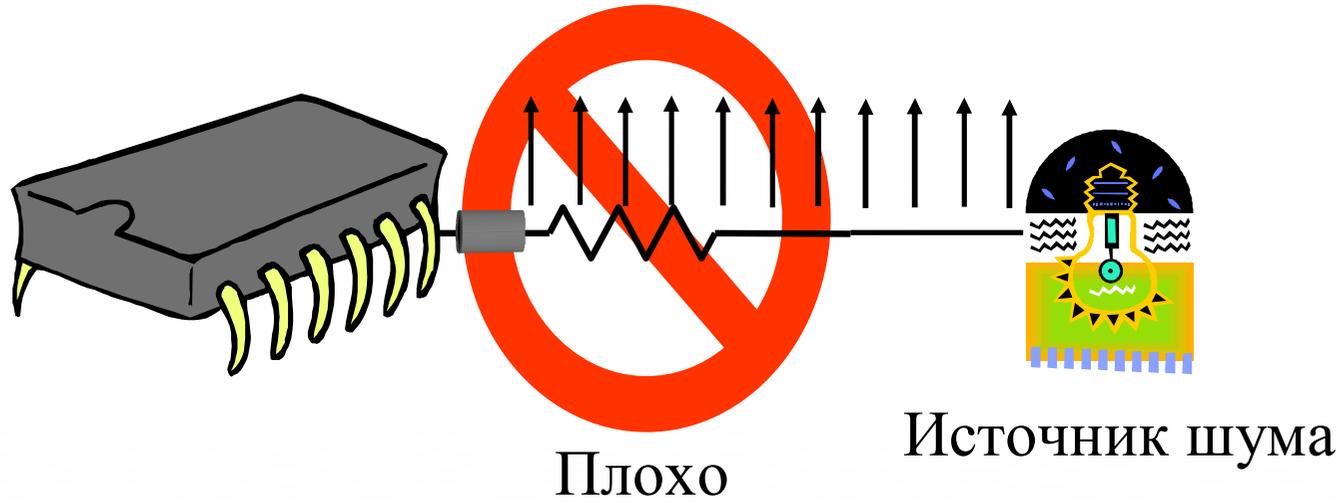


Расположение элементов

- I Располагайте интерфейсные компоненты ближе к поверхности платы

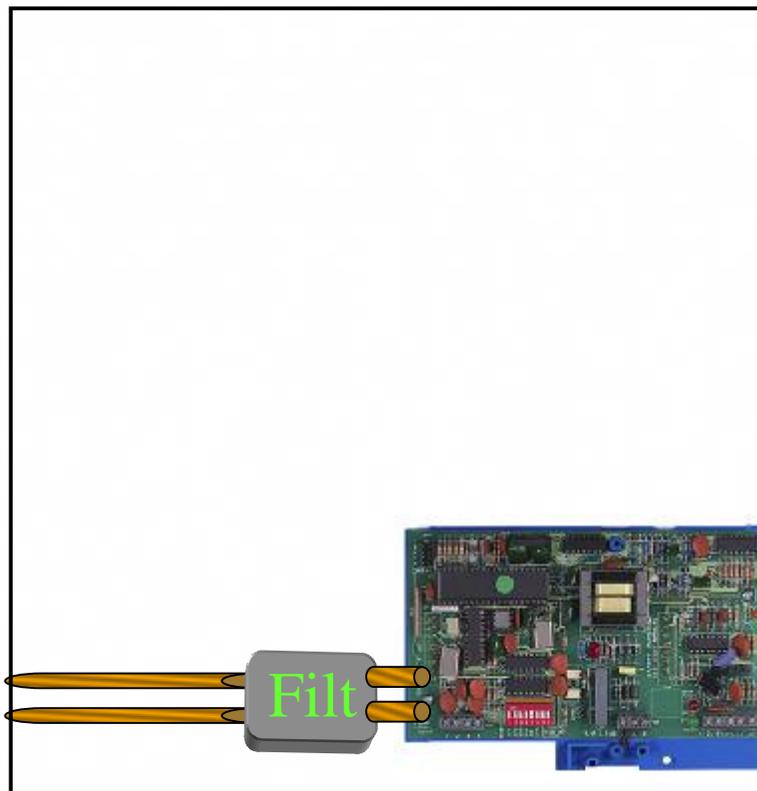


Расположение ферритовых бусинок

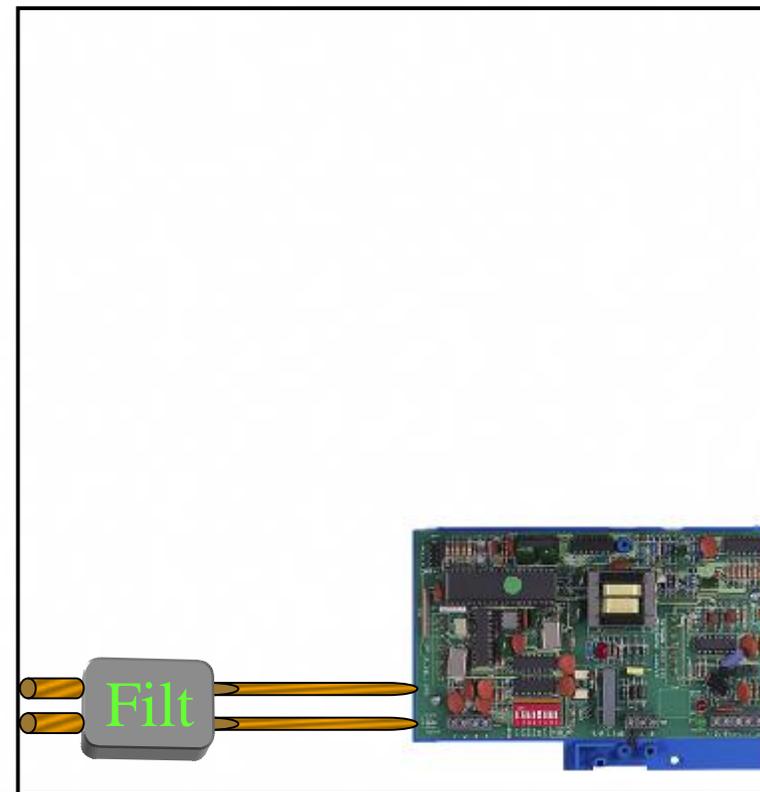


Расположение фильтра питания

I Сетевой фильтр



Плохо



Хорошо

Разработка общей топологии

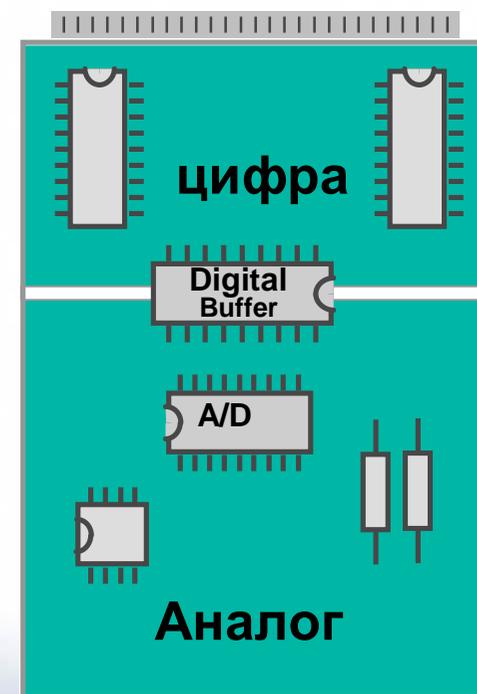
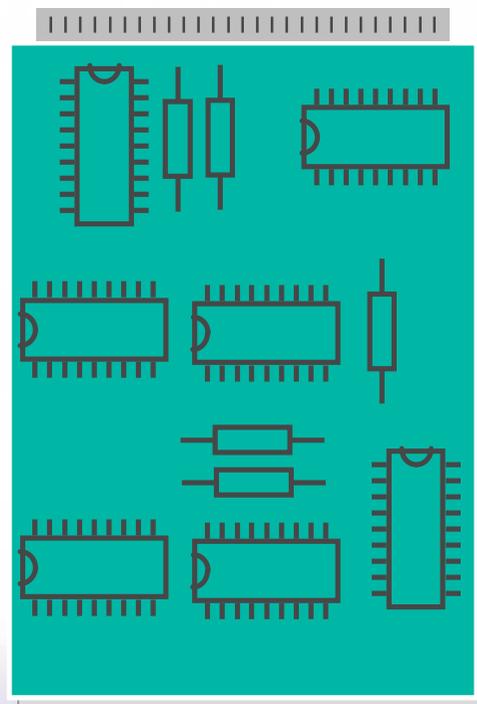
Мощные / высокочастотные
компоненты
располагайте рядом с
разъемом

Разделение цифровых и
аналоговых частей
схемы

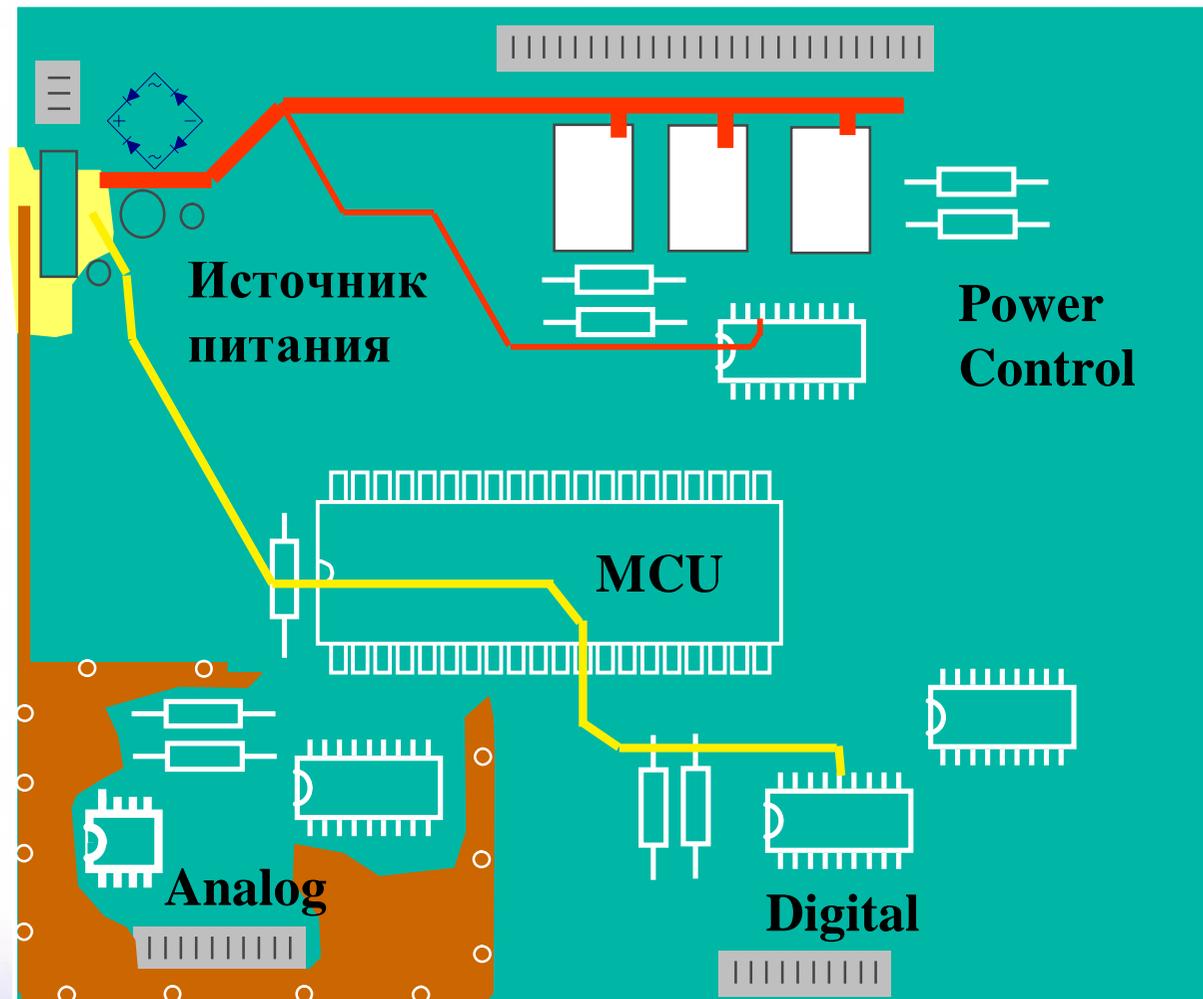
высокая

частота
↑
мощность

низкая



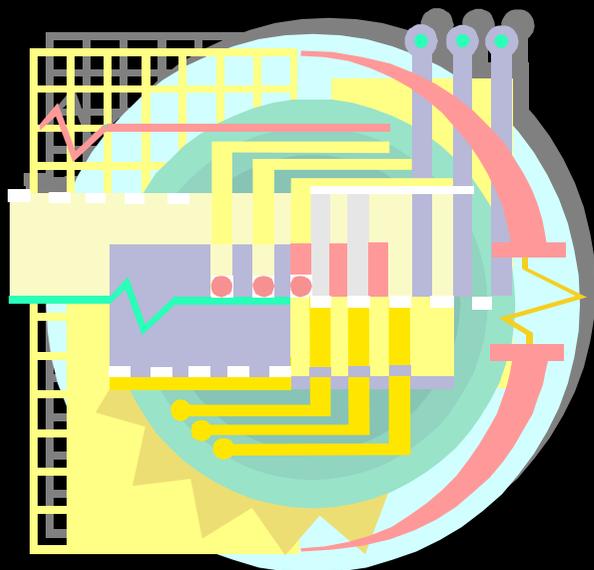
Разработка общей топологии





YOU + MICROCHIP ENGINEERING THE FUTURE TOGETHER

Трассировка печатных плат



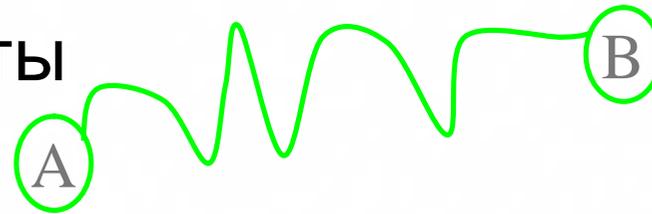
EMC Newsletter

Issue 2

Трассировка ПП

- Основная цель

- Соединить элементы



- Для улучшения EMC

- Минимизировать импеданс для полезного сигнала
 - Увеличить импеданс для ненужных сигналов

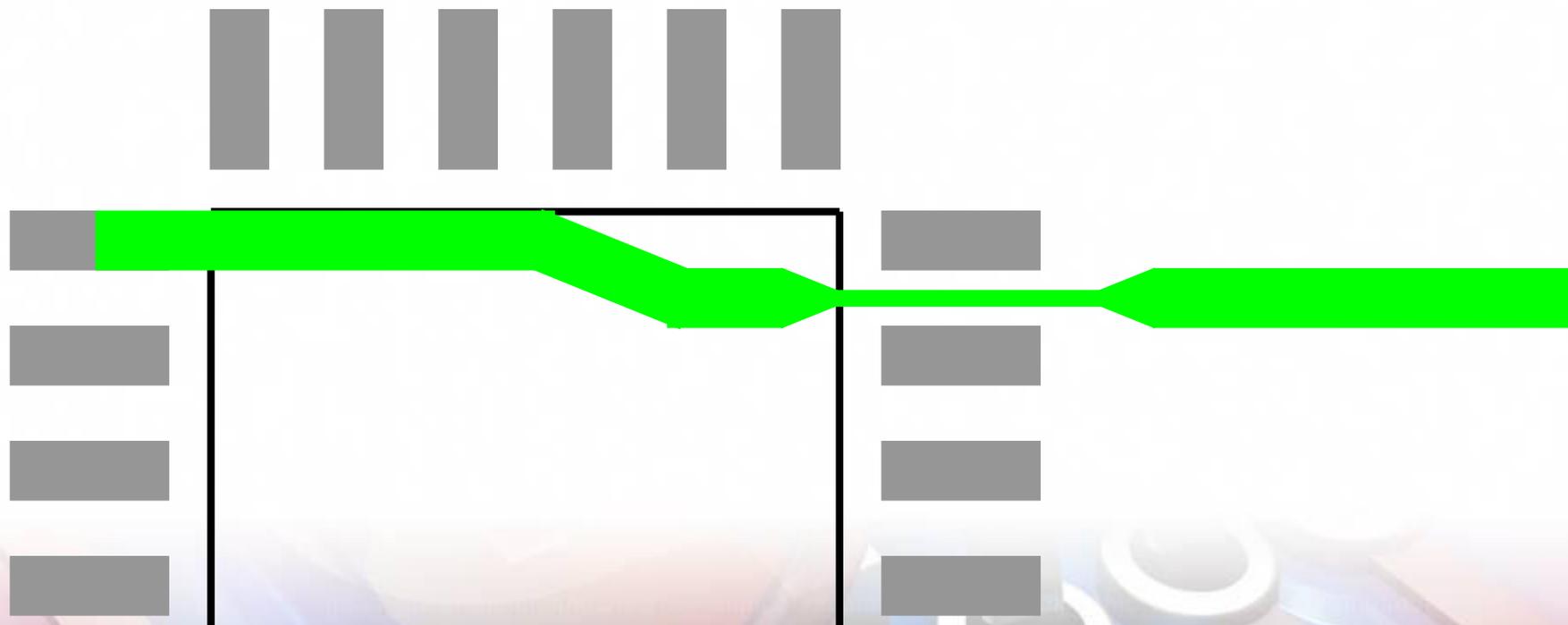
Трассировка ПП проводники

- | Проводники
 - | Низкая частота = проводник,
 - | Высокая частота = индуктивность

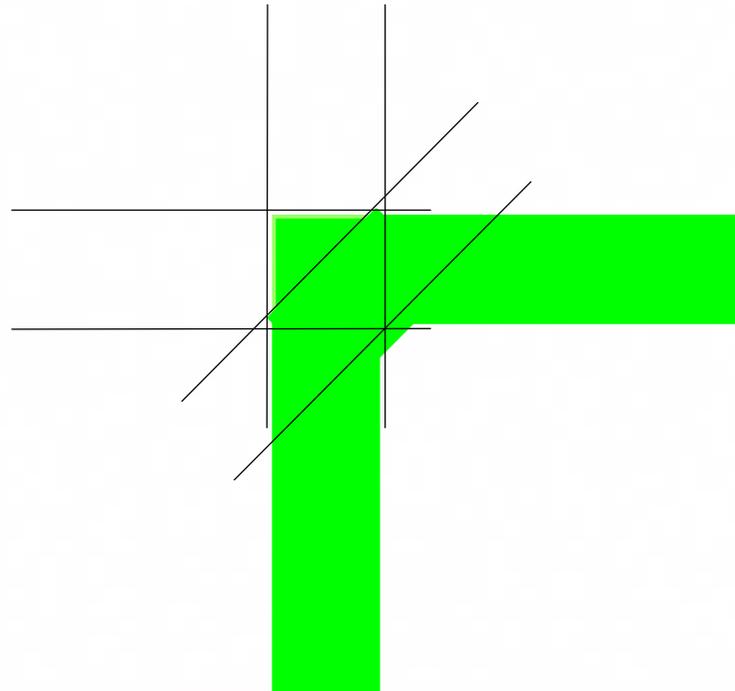


Трассировка ПП проводники

- | Изменять ширину проводника?
 - | сопротивление $\sim \frac{1}{w}$
 - | индуктивность $\sim \frac{1}{w}$

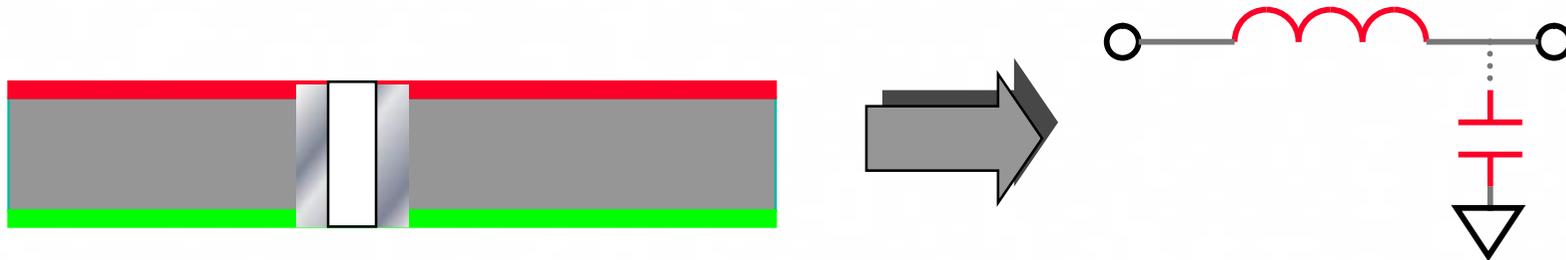


Трассировка ПП углы проводников



Трассировка ПП переходные отверстия

- | Переходное отверстие
 - | Каждое отверстие дает $\sim 2\text{нГн}$ & $\sim 0.5\text{пФ}$
 - | Изменение импеданса и задержка сигнала



Трассировка ПП

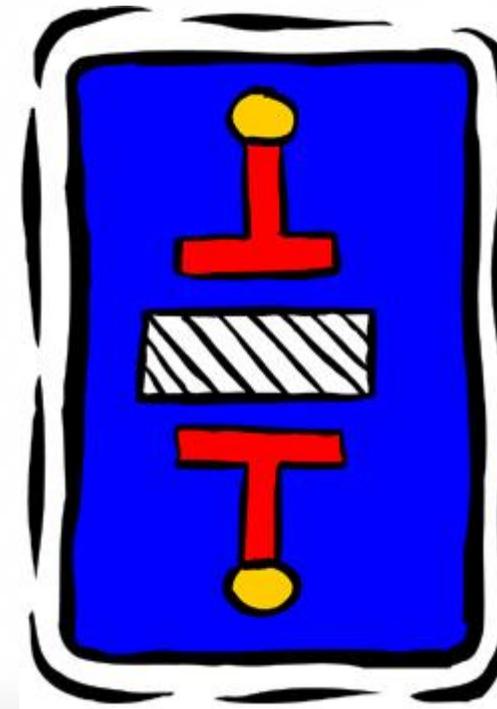
- | РСВ конденсатор
 - | Два проводника разделенные диэлектриком
 - | Низкоиндуктивный конденсатор

Двухслойная ПП



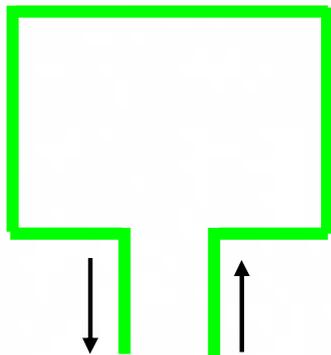
Трассировка ПП емкость проводников

- | Емкость
 - | Электрическое поле между двух проводников
 - | Зависит от
 - | геометрии
 - | расстояния
 - | диэлектрика (ϵ_r)

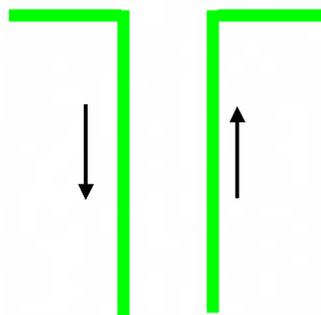


Трассировка ПП

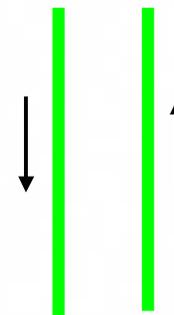
I Это все антенны



петля



диполь



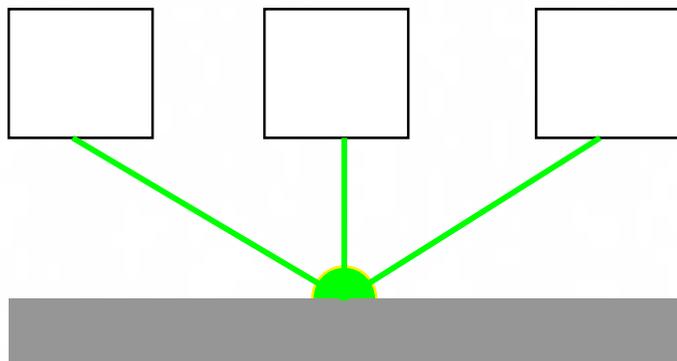
проводники

Излучение зависит от A , L , I & f

Трассировка ПП Земля

I Наиболее популярные техники

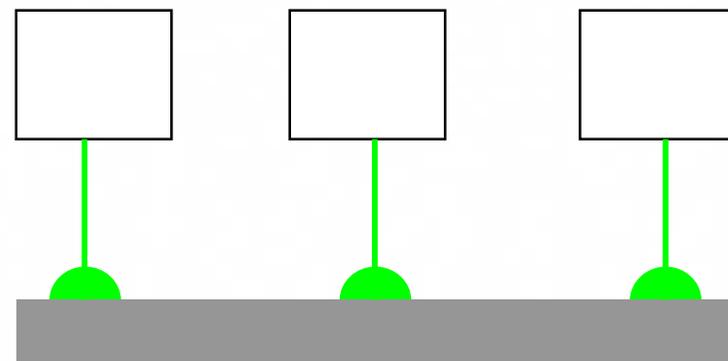
I Одноточечное



- Используется для низкой частоты

- нет петель земли

I многоточечное



- Используется для высокой частоты

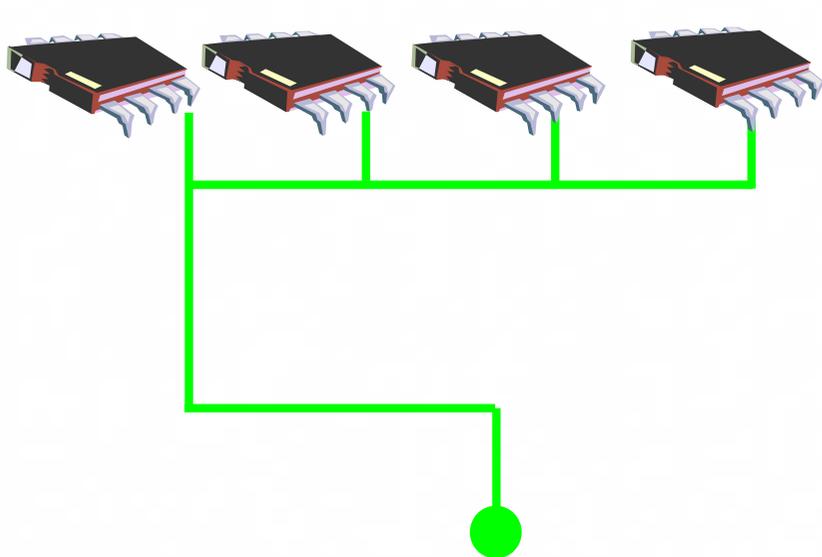
- Меньшая паразитная индуктивность и емкость



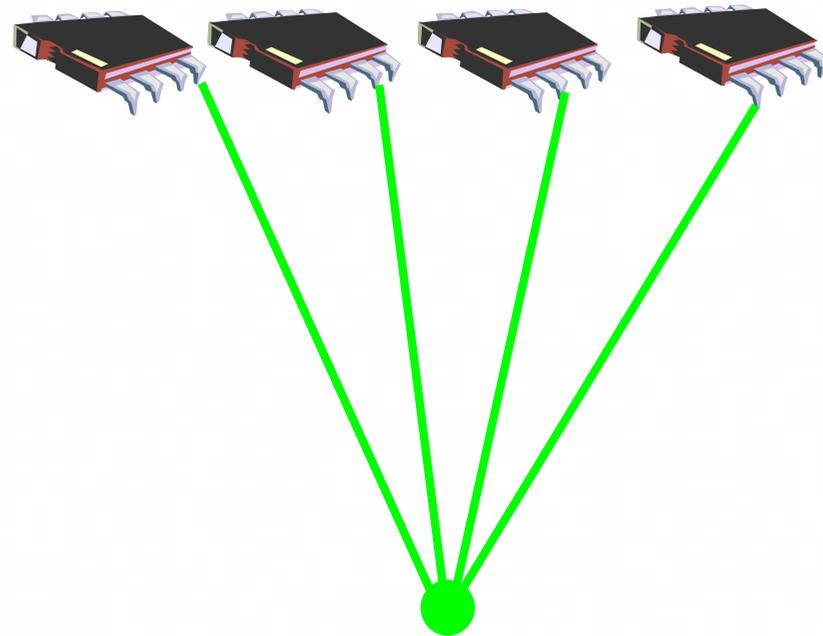
Трассировка ПП – гибридное заземление

- | Гибридная земля
 - | Одна точка земли для аналоговой части
 - | Многоточечное подключение / сетка для цифровой части

Трассировка ПП ШИНЫ ПИТАНИЯ



Плохо

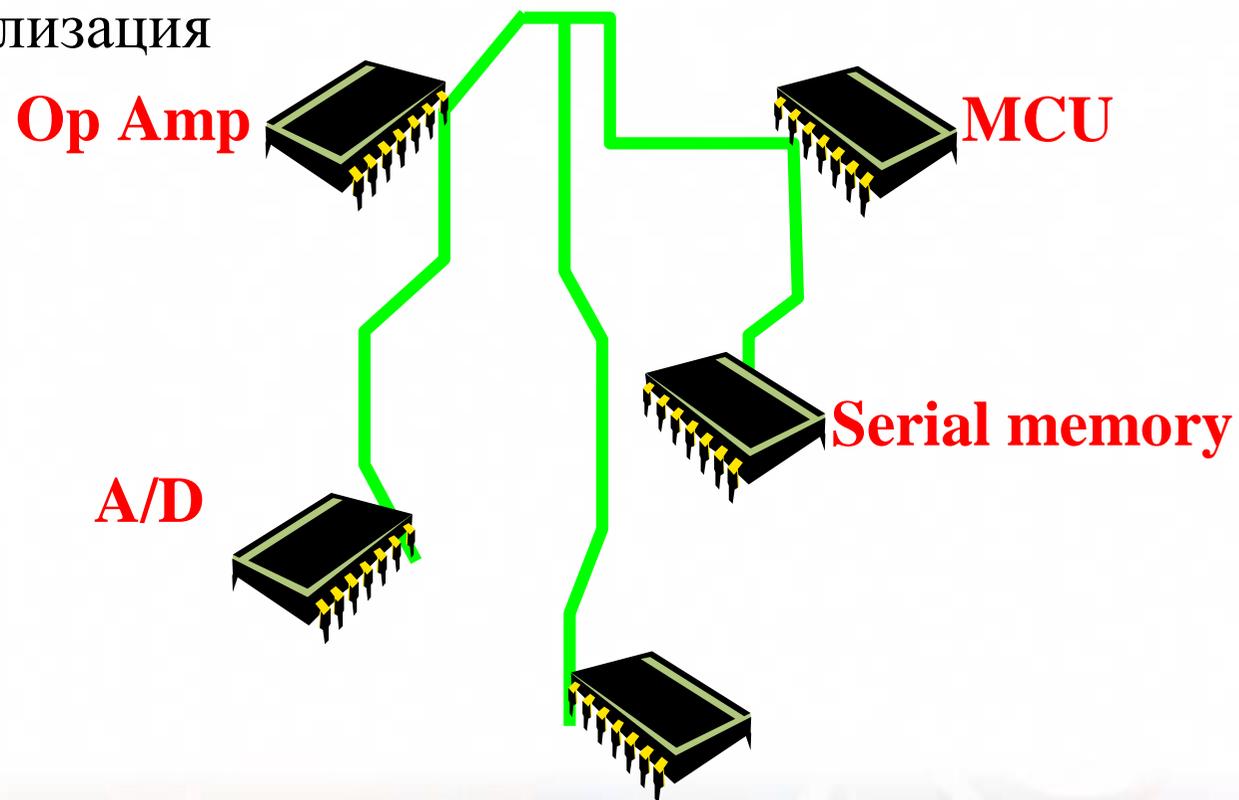


Лучше одна точка

Трассировка ПП ШИНЫ ПИТАНИЯ

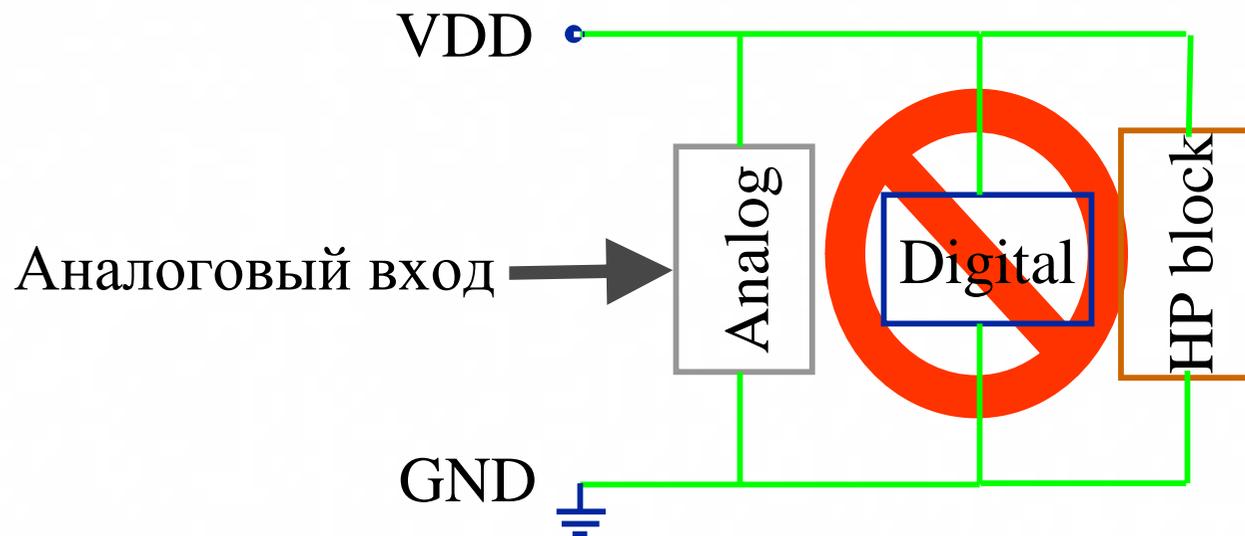
лучше, Звезда

практическая реализация



Трассировка ПП - земля

I Типичный подход



Трассировка ПП - земля

I Идентифицировать требования к земле

микроконтроллер
Средний/низкий шум,
чувствительность

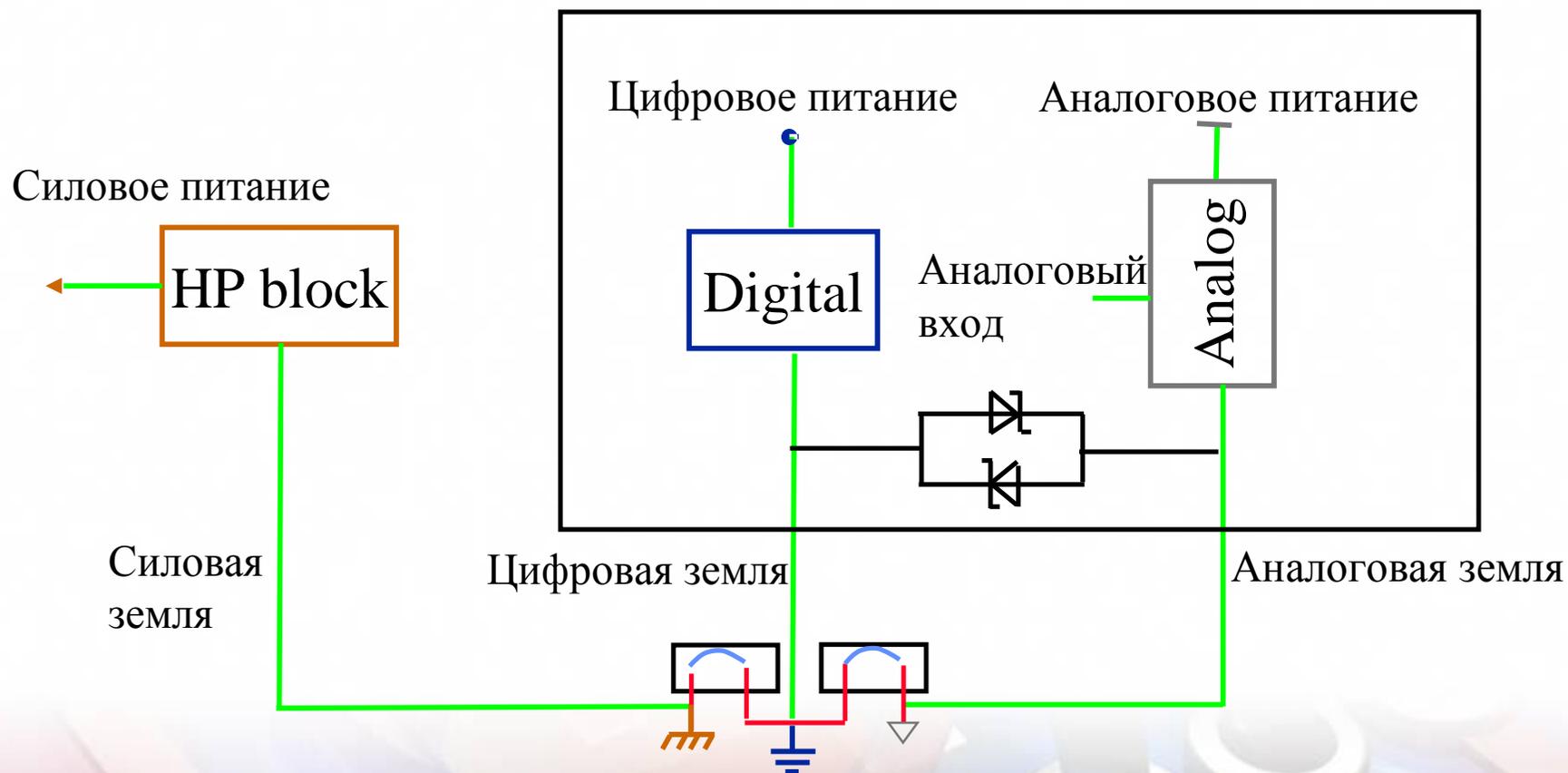
Аналоговая часть
Низкий шум,
высокая чувствительность

симисторы/ реле
Высокий шум,
низкая чувствительность

Семисегментные дисплеи
Высокий/средний шум,
низкая чувствительность

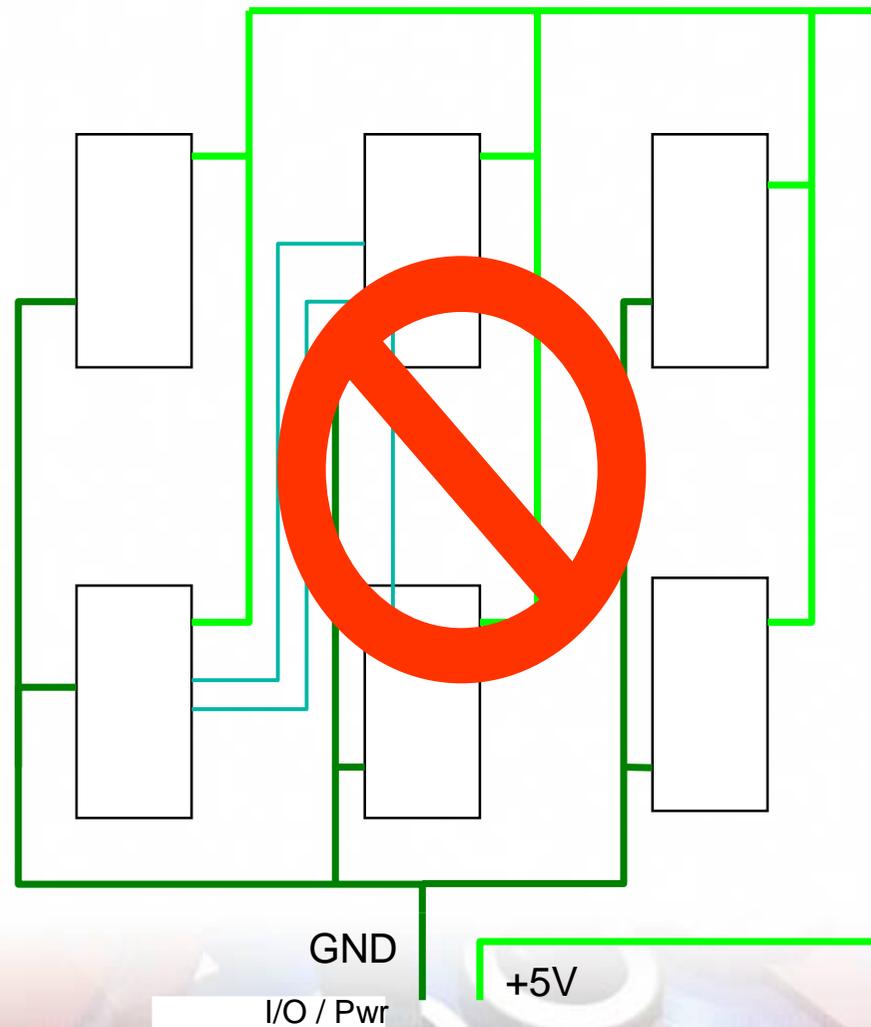
Трассировка ПП - земля

I Рекомендованное подключение

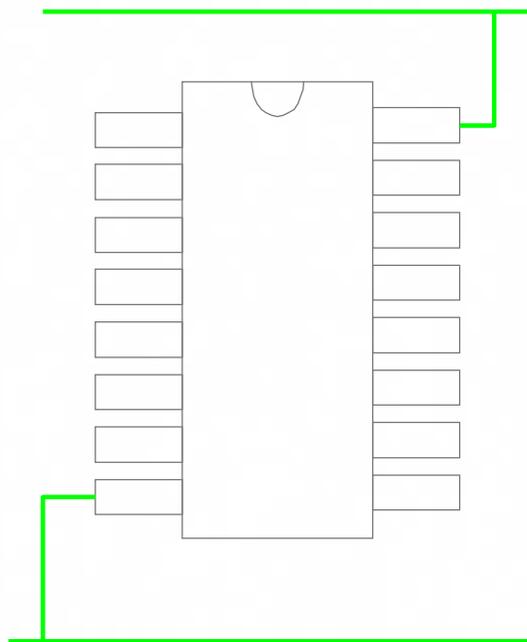


Трассировка ПП - питание

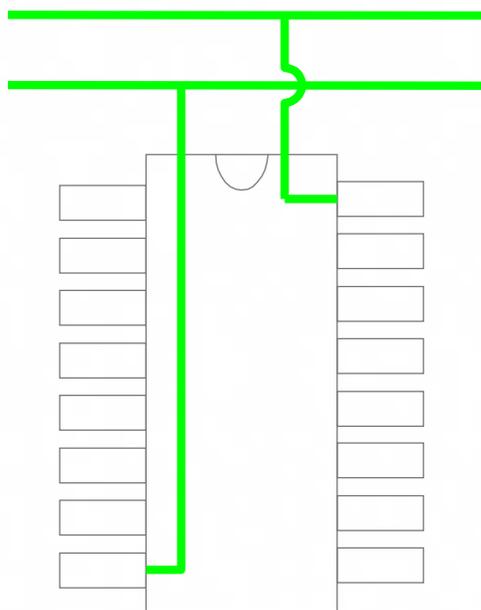
- | Линии питания
 - | Петлевые области
 - | Проверить возвратные проводники



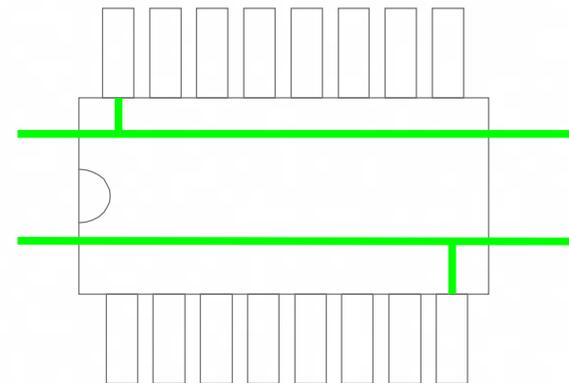
Трассировка ПП - питание



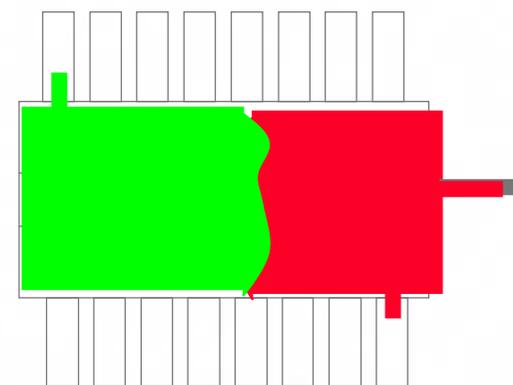
Плохо



Хорошо



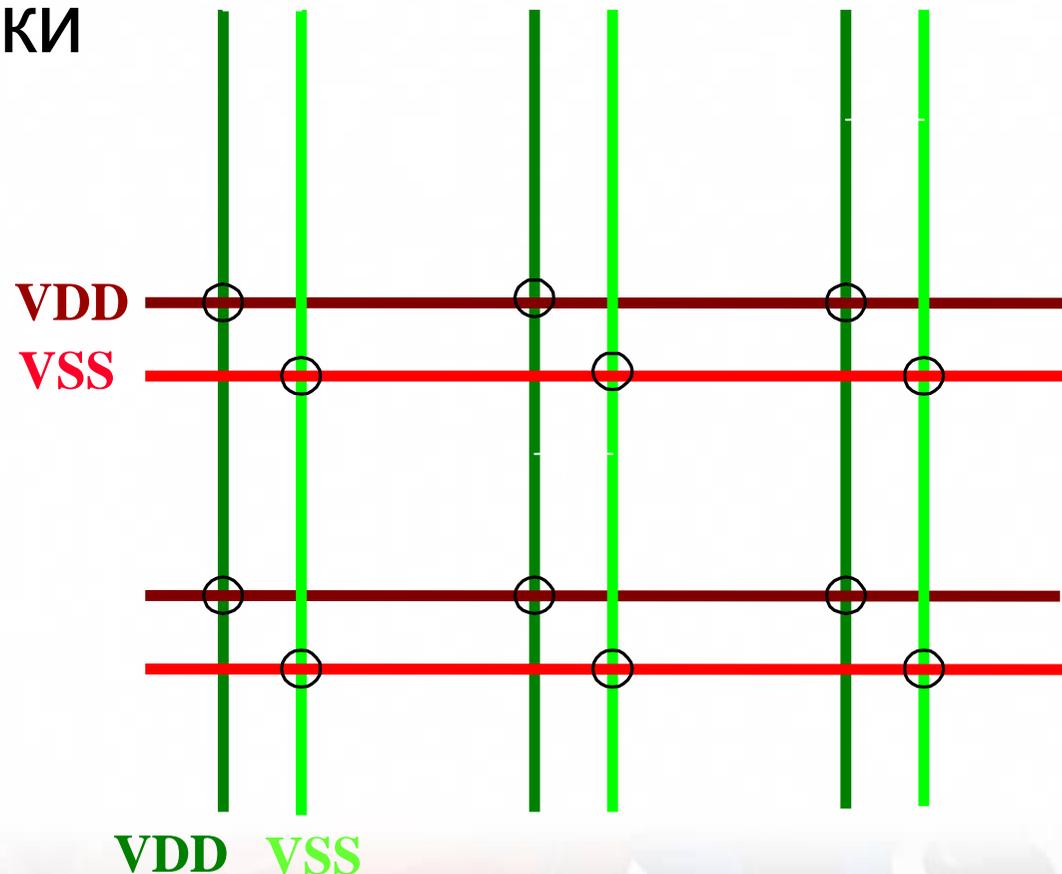
Лучше



Очень хорошо

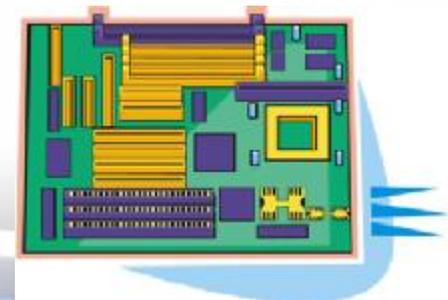
Трассировка ПП питание

- Альтернативный (к полигонам) пример разводки



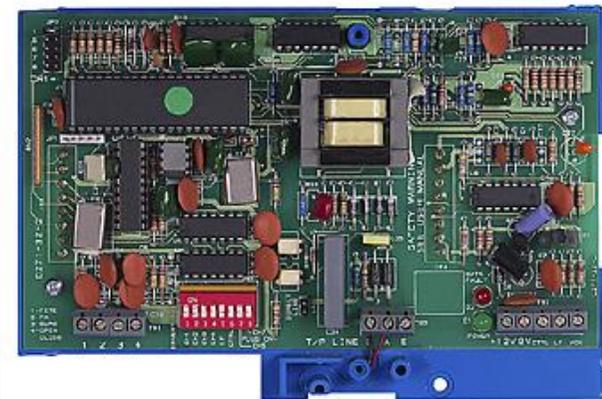
Многослойные платы

- Использование многослойных плат
 - Дополнительное место для слоев питания и земли
 - Минимальные петлевые области
 - Минимальная длина возвратных проводников
 - Минимизирует перекрестные помехи
 - Увеличение устойчивости от 10 до 1000 раз



Двухслойные платы

- | Двухслойная ПП может иметь 95% эффективности от многослойной платы
 - | Разводить трассы GND/ VDD правильно
 - | Области GND
 - | Разводка критичных трасс
 - | Возвратные проводники для критичных сигналов
- | Оптимальное соотношение цена/качество



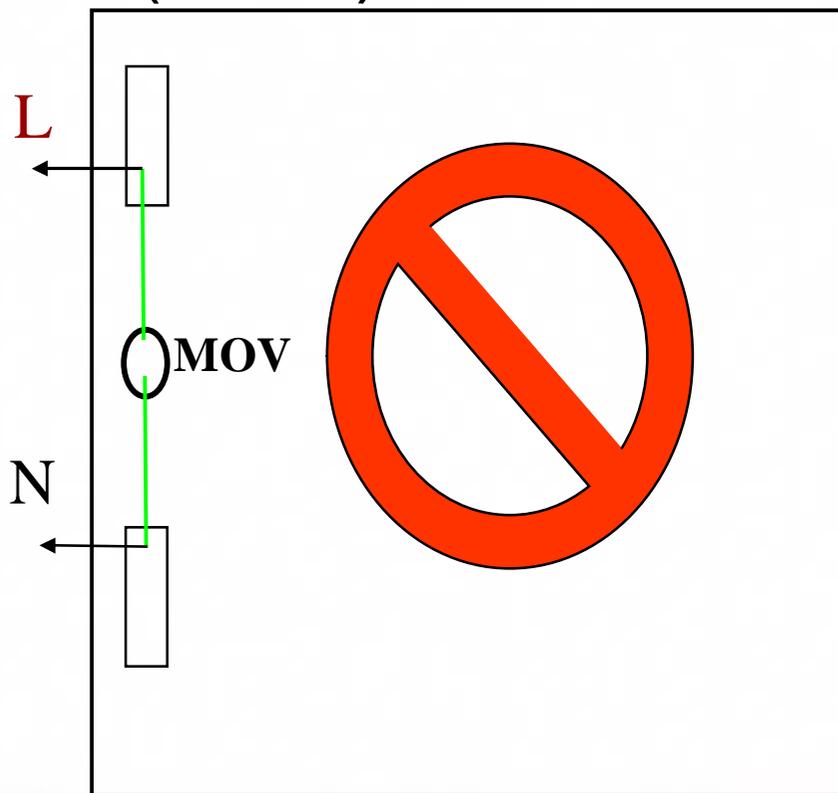
Подход к проектированию ПП

- | Идентифицировать источник питания/земли и критичные сигналы
- | Разделить разводку на функциональные блоки
- | Разместить все компоненты связанные с критичными цепями ближе друг к другу
- | Развести трассы земли и питания
- | Развести критичные проводник возвратные проводники
- | Развести все остальное



Пример блочной разработки

- Вход питания & расположение супрессора (MOV)



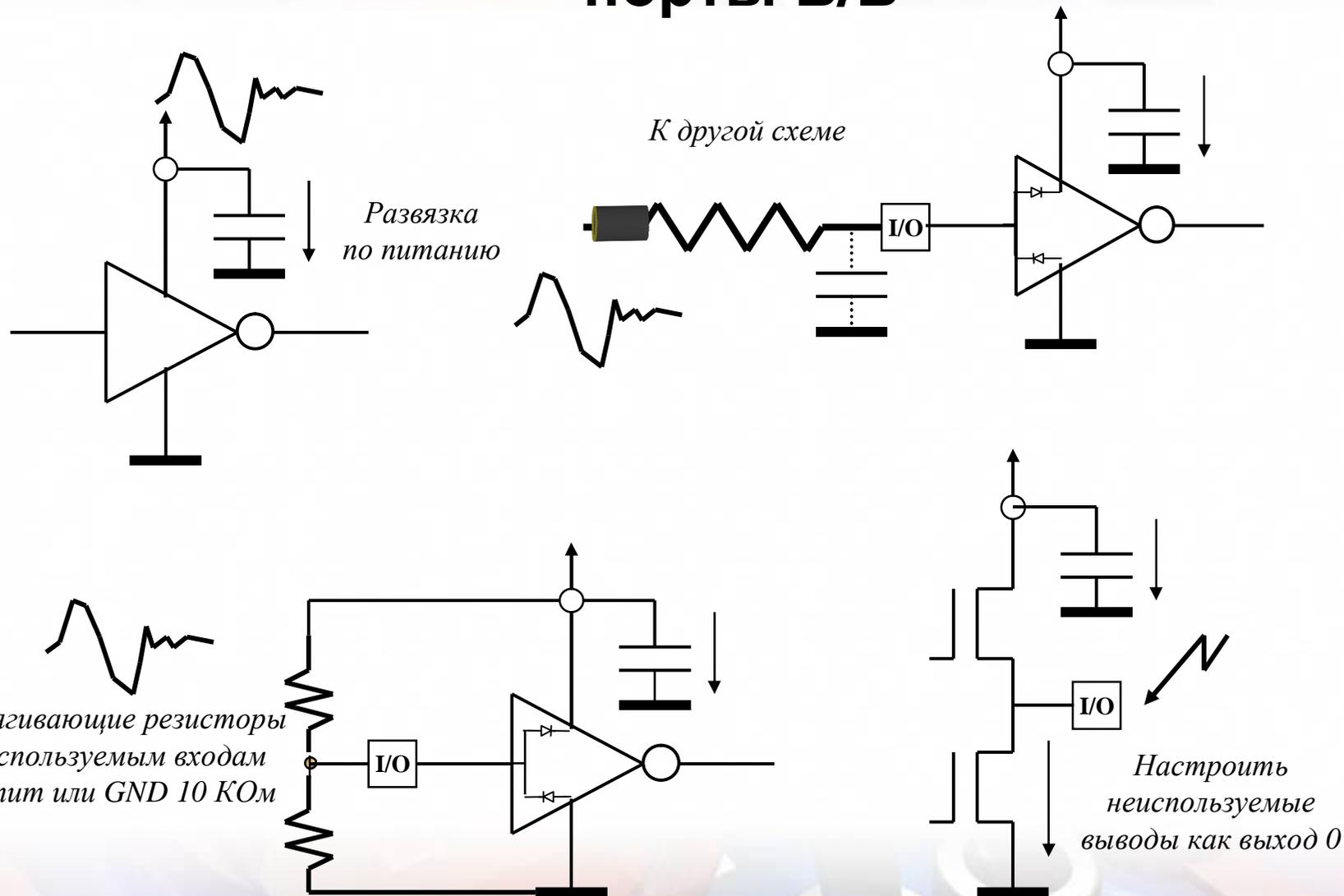
ПЛОХО



Микроконтроллерная схема

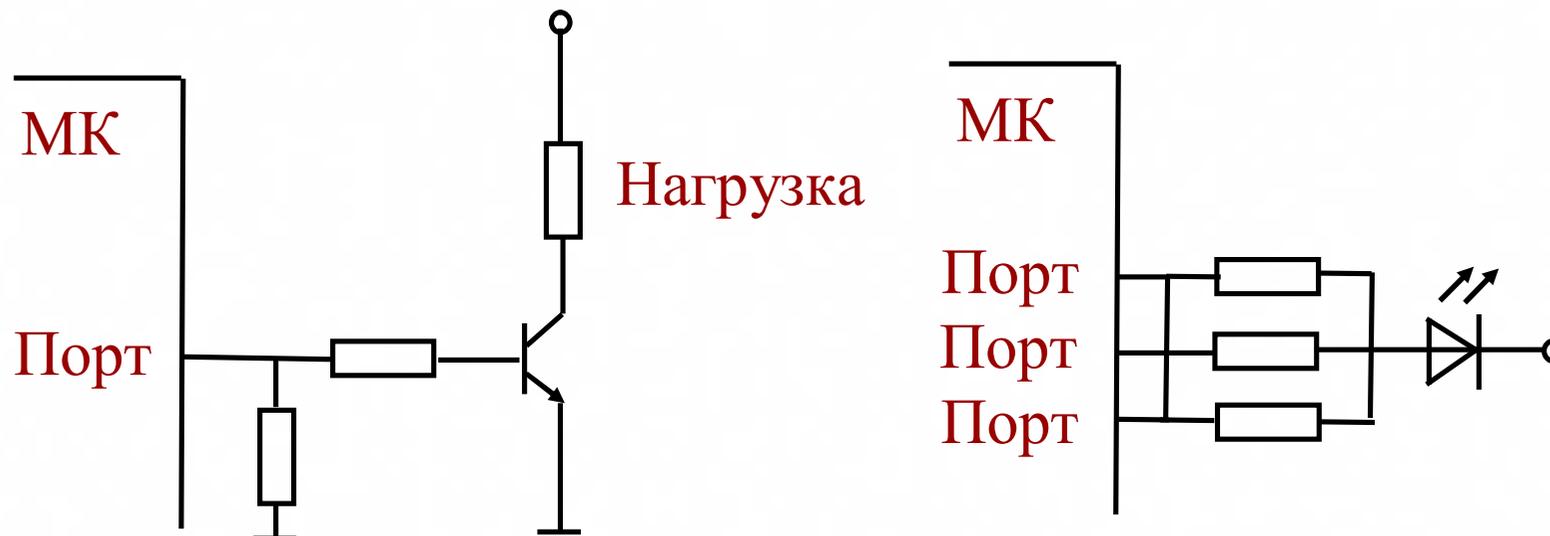
- | Порты В/В
- | Входы прерываний
- | Вход сброса
- | Цепи питания
- | Генератор
- | Brown Out Reset (BOR)
- | Watch Dog Timer (WDT)

Микроконтроллерная схема порты В/В



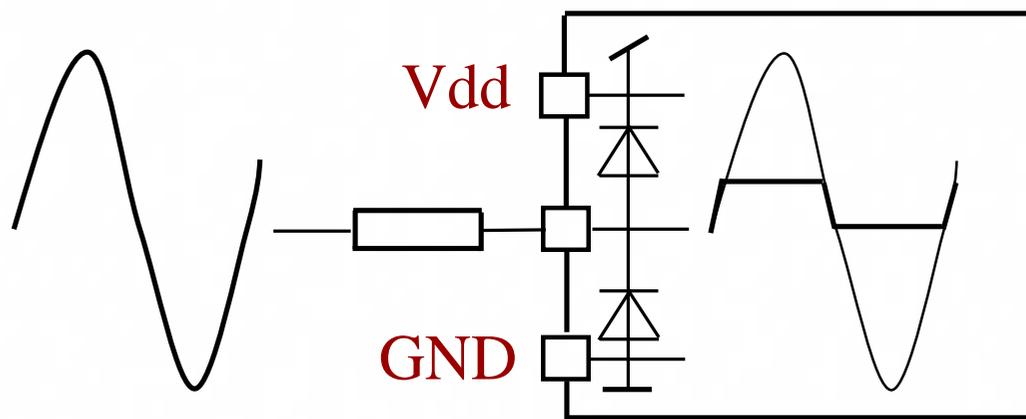
Микроконтроллерная схема порты В/В

- Остерегайтесь «непредсказуемых» ситуаций



Микроконтроллерная схема порты В/В

- Цифровые порты В/В
 - Входные ESD диоды
 - Максимальное напряжение на входе $V_{dd} + 0.6V$. Ток защитных диодов 20мА



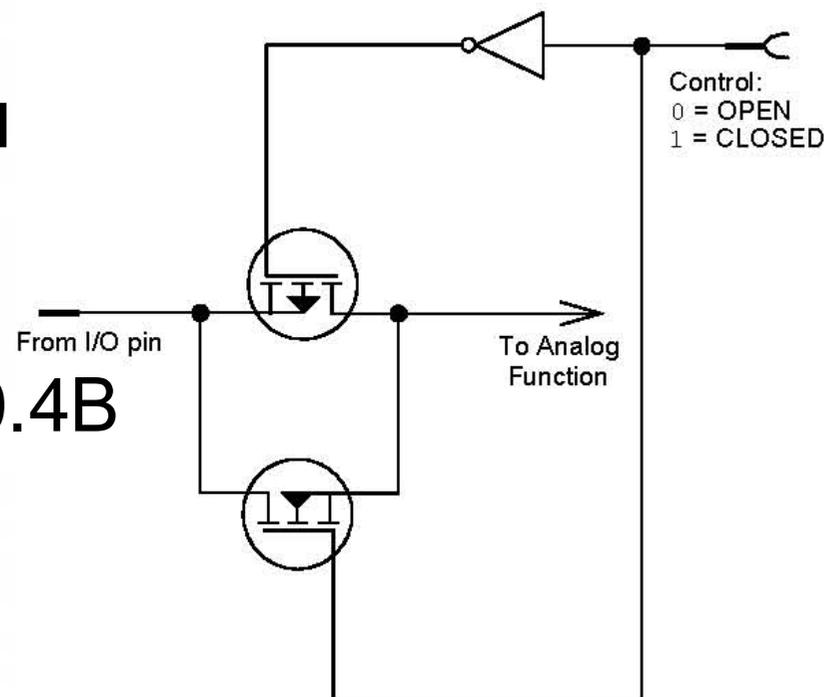
AN521

$R=5M$

$I_{peak} = 64\mu A$

Микроконтроллерная схема порты с аналоговым буфером

- I Аналоговые порты с входным аналоговым буфером
 - I При напряжении на входе больше $V_{dd}+0.4V$ верхний транзистор открывается

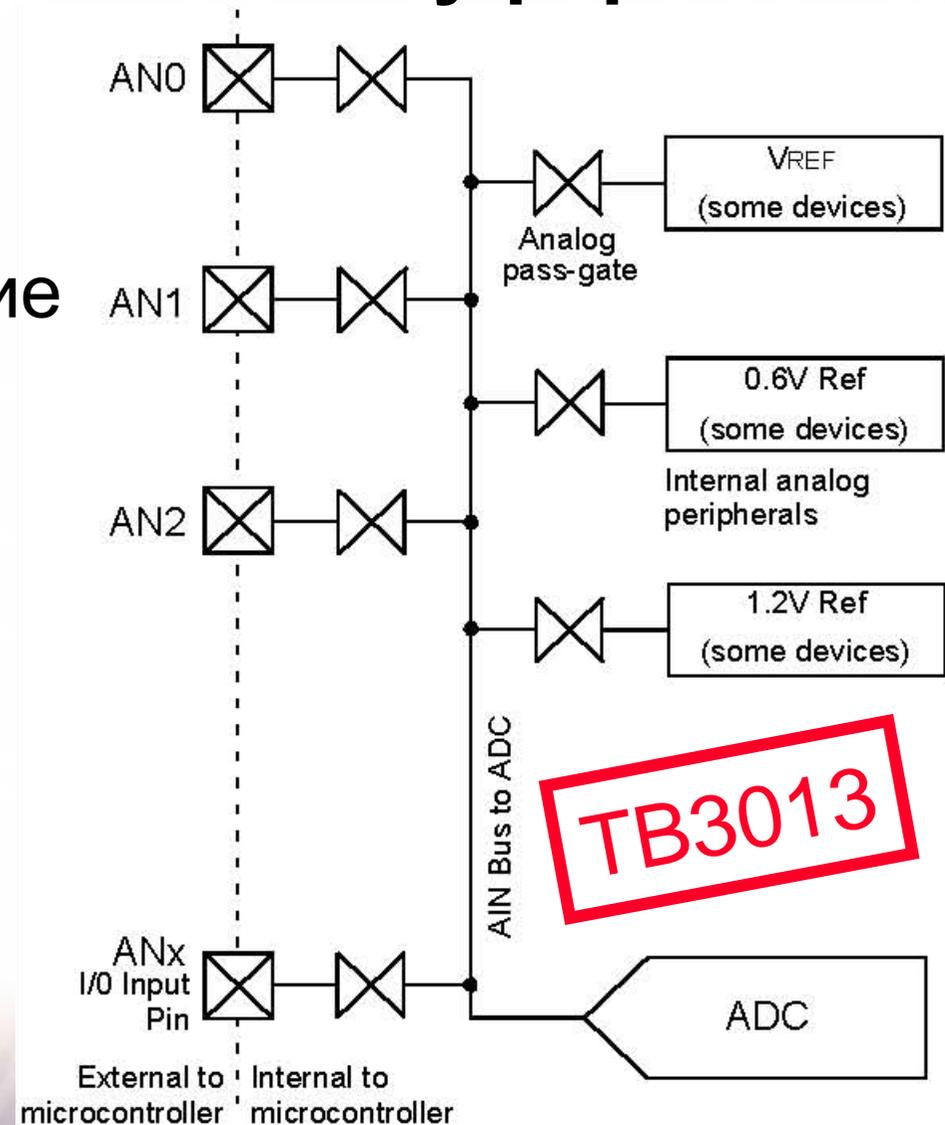


TB3013

Микроконтроллерная схема порты с аналоговым буфером

Физически АЦП имеет
один вход

- Высокое напряжение на любом из аналоговых входов создаст смещение для АЦП



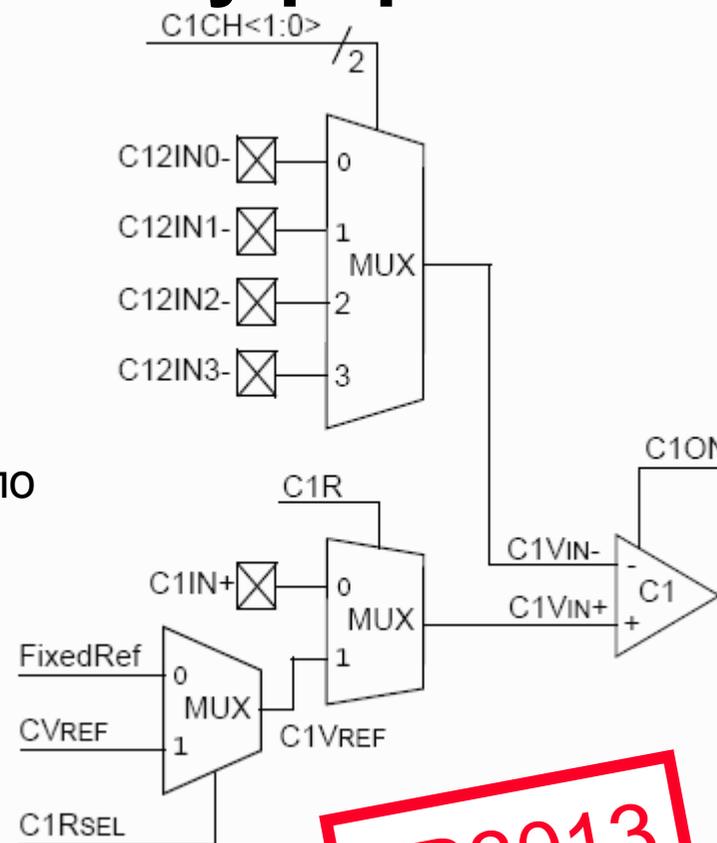
Микроконтроллерная схема порты с аналоговым буфером

Компаратор

- Так же имеет аналоговый буфер
- Источник опорного напряжения 0.6В (подключен по умолчанию если есть)

Драйвер ЖКИ

- Так же имеет аналоговый буфер для соединения VLCD и сегментов/общих выводов



Микроконтроллерная схема порты с аналоговым буфером

- | Внутренний генератор
 - | Стабилизируется источником опорного напряжения 0.6В
 - | Для некоторых контроллеров этот же источник 0.6В (или 1.2В) может быть подключен к АЦП
 - | Если 0.6В подключен к входу АЦП и есть перенапряжение на других каналах \Rightarrow генератор остановится.

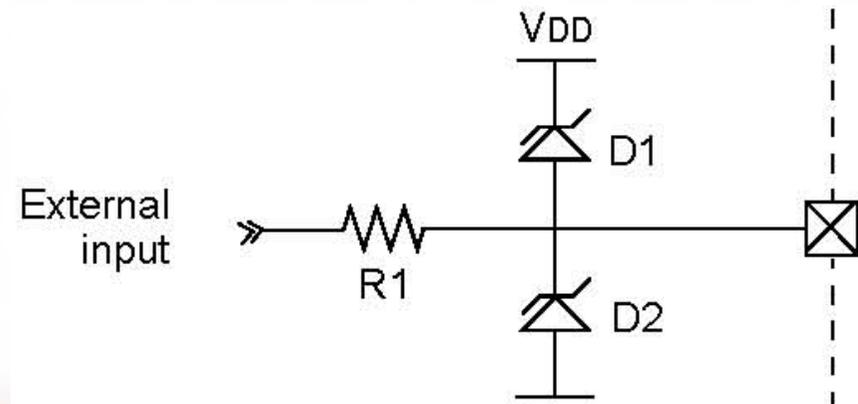
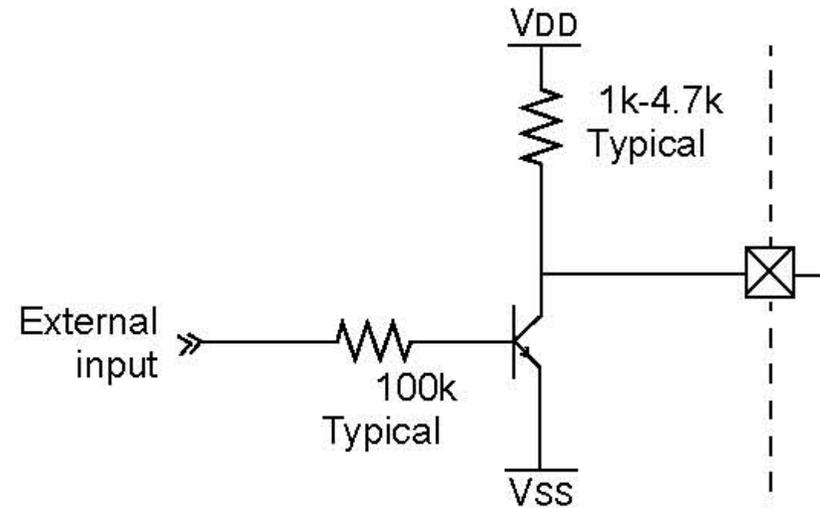
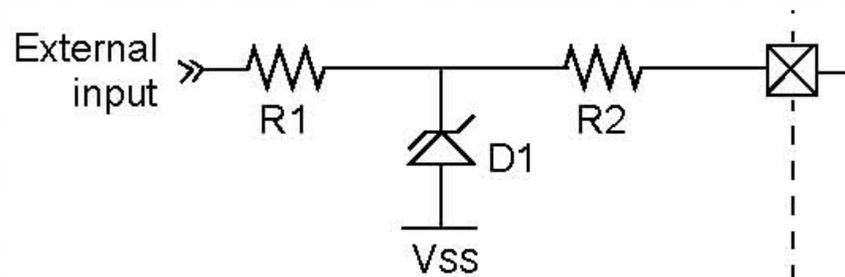
ТВ3013

Микроконтроллерная схема порты с аналоговым буфером

- | Защита. Выбор портов В/В.
 - | Цифровые порты не имеют аналогового буфера
 - | Допускают перенапряжение
 - | Но будущие продукты на тех же выводах могут иметь аналоговые функции
 - | Никогда не допускайте перенапряжения на входе MCLR/Vpp

Микроконтроллерная схема порты с аналоговым буфером

I Защита портов В/В.



TB3013

Микроконтроллерная схема порты с аналоговым буфером

- | Защита. Программный метод.
 - | Если есть вывод с перенапряжением и нельзя выбрать чисто цифровой вывод
 - | На время измерения АЦП по одному из каналов «перенапряженный» вывод настроить как цифровой выход
 - | После измерения настроить на аналоговый вход для измерения
 - | используйте последовательный резистор для ограничения тока.

Микроконтроллерная схема отрицательное напряжение

- | Напряжение на входе ниже V_{SS}
 - | Ток через подложку, отрицательное смещение.
 - | Диоды на кристалле становятся транзисторами и шунтируют ток на подложку.
 - | Вероятность сдвига частоты и POR
 - | При достаточном токе есть вероятность защелкивания. è Резкое увеличение тока.
è Локальный перегрев. è Деградация.

Микроконтроллерная схема отрицательное напряжение

- | Напряжение на входе ниже V_{ss}
 - | Чувствительность к отрицательным напряжениям увеличивается с увеличением температуры

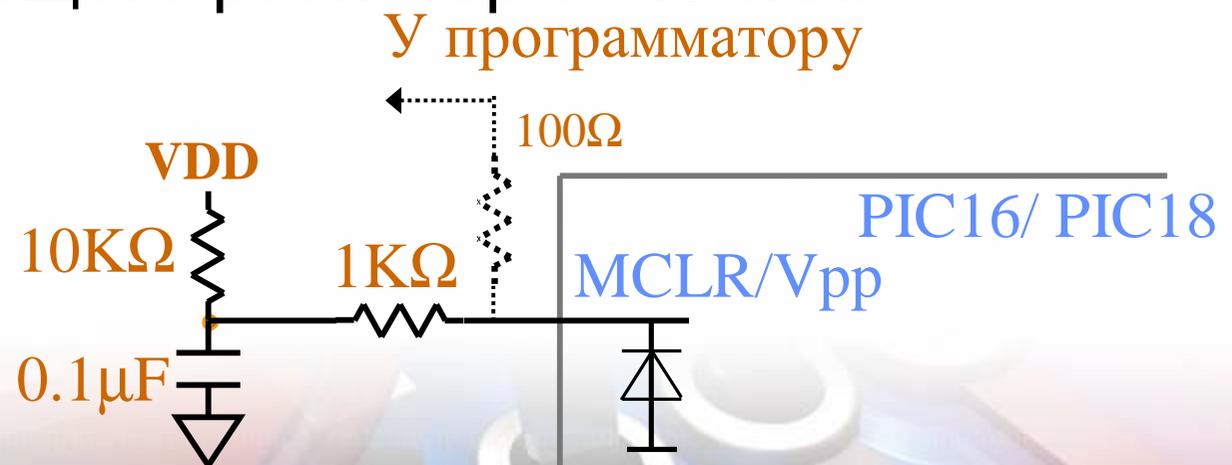
- | Защищать диодами или пересмотром схемы источника питания

Микроконтроллерная схема

- И Вход прерываний
 - Прерывания по фронтам чувствительны к шумам
 - Используйте прерывания по уровню или опрос входа внутри ISR 
 - Используйте терминаторы линии для уменьшения переотражения сигналов
 - Внимательно разводите проводники линий прерываний для уменьшения восприимчивости к помехам

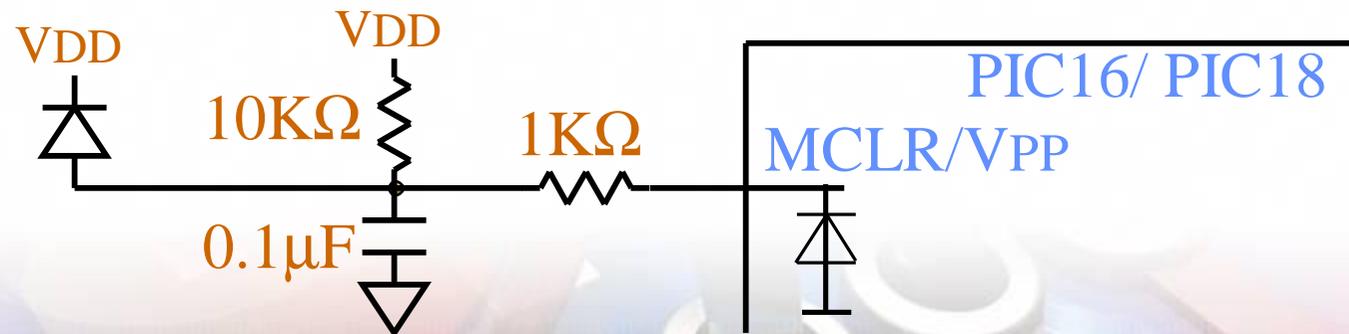
Микроконтроллерная схема

- Вход сброса
 - Последовательный резистор ограничивает ток через вход MCLR при воздействии ESD или EOS
 - Конденсатор уменьшает ВЧ шум
 - Рекомендуемое значение сопротивления подтягивающего резистора $< 40 \text{ КОм}$



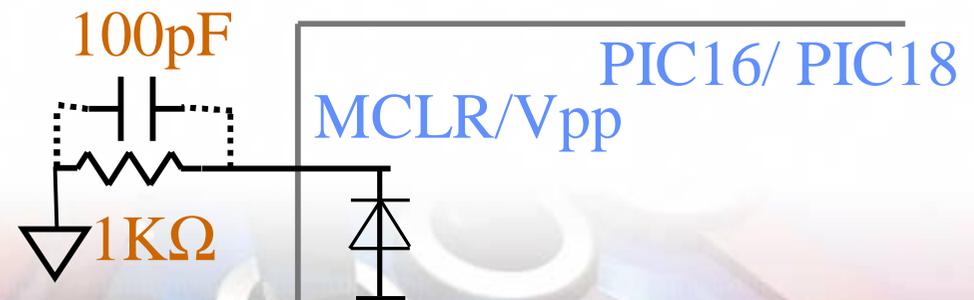
Микроконтроллерная схема

- Вход сброса
 - Вход MCLR нужен также для программирования (VPP)
 - Если не требуется внутрисхемное программирование, то нужно добавить диод для дополнительной ESD защиты



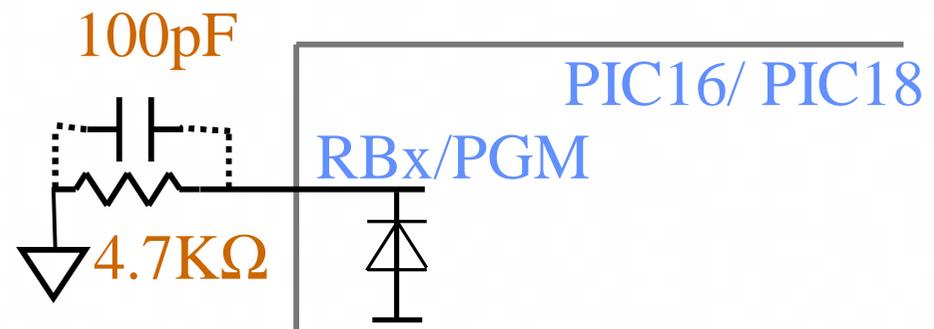
Микроконтроллерная схема

- И Вход сброса
 - И В некоторых контроллерах можно использовать внутреннюю цепь MCLR
 - И Если функционально вход MCLR не нужен – отключите его.
 - И Если MCLR отключен, тогда...



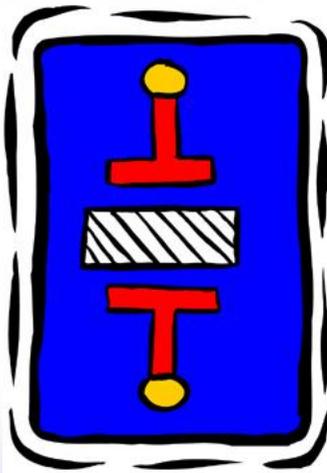
Микроконтроллерная схема

- I Низковольтное программирование (PGM pin)
 - I Если используется низковольтное программирование (LVP) то...



Микроконтроллерная схема

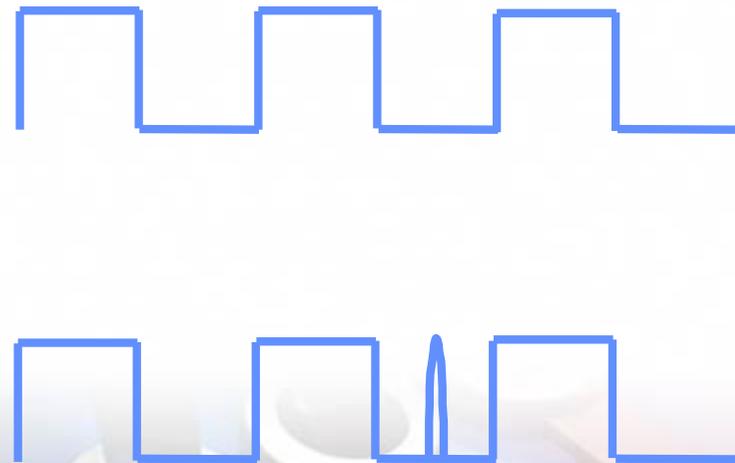
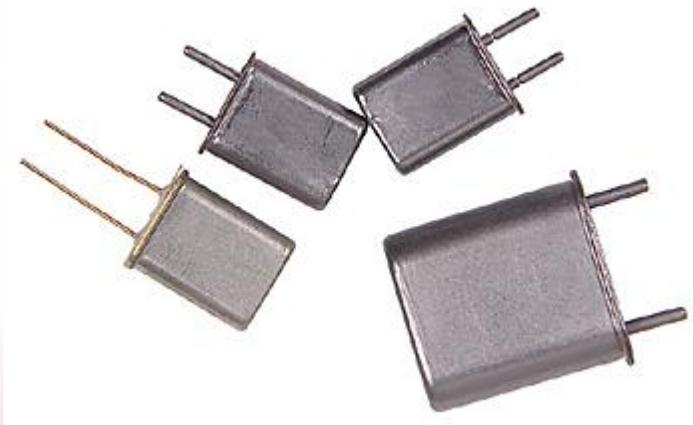
- I Источник питания
 - I Любой шум от источника питания поступает во все цепи схемы
 - I Должен иметь блокировочный И фильтрующий конденсатор большой емкости



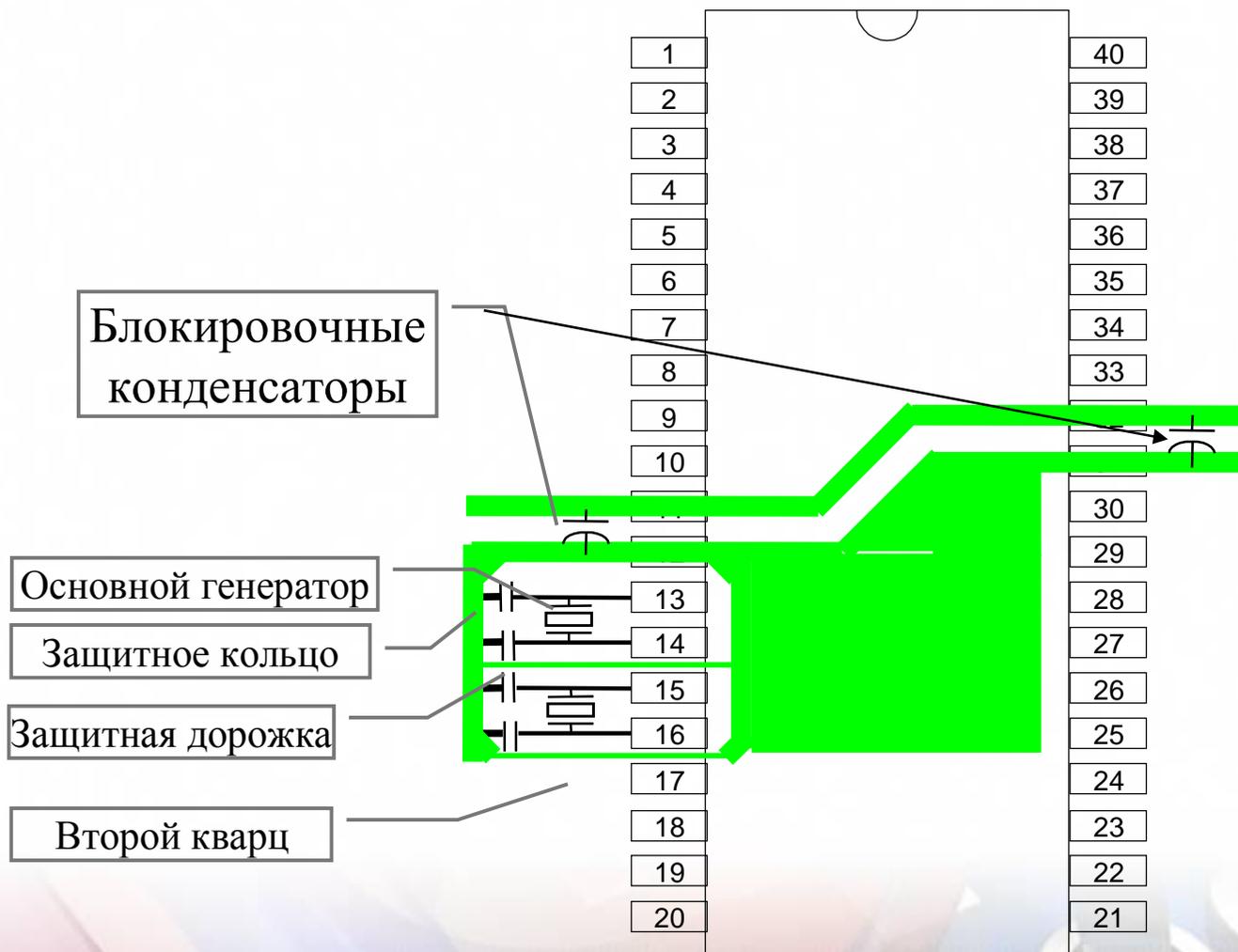
Микроконтроллерная схема генератор

Генератор

- Схема генератора имеет высокоомный вход
- Восприимчив к высокочастотным сигналам
 - Могут наблюдаться дрожание, нежелательные ложные импульсы или сбой генератора



Рекомендованная разводка PICmicro



Сброс - источники

- | POR - Power-On Reset (VDD slope)
- | MCLR - Master Clear Reset (pin voltage)
- | WDT - Watch Dog Timer Reset (time-out period)
- | BOR - Brown-Out Reset (VDD voltage)
- | Программный сброс (только в PIC18)
- | Переполнение стека (только в PIC18)

Идентификация условия сброса

Condition	Program Counter	RCON Register	\overline{RI}	\overline{TO}	\overline{PD}	\overline{POR}	\overline{BOR}	STKFUL	STKUNF
Power-on Reset	0000h	0--1 1100	1	1	1	0	0	u	u
\overline{MCLR} Reset during normal operation	0000h	0--u uuuu	u	u	u	u	u	u	u
Software Reset during normal operation	0000h	0--0 uuuu	0	u	u	u	u	u	u
Stack Full Reset during normal operation	0000h	0--u uu11	u	u	u	u	u	u	1
Stack Underflow Reset during normal operation	0000h	0--u uu11	u	u	u	u	u	1	u
\overline{MCLR} Reset during SLEEP	0000h	0--u 10uu	u	1	0	u	u	u	u
WDT Reset	0000h	0--u 01uu	1	0	1	u	u	u	u
WDT Wake-up	PC + 2	u--u 00uu	u	0	0	u	u	u	u
Brown-out Reset	0000h	0--1 11u0	1	1	1	1	0	u	u
Interrupt wake-up from SLEEP	PC + 2 ⁽¹⁾	u--u 00uu	u	1	0	u	u	u	u

Legend: u = unchanged, x = unknown, - = unimplemented bit, read as '0'

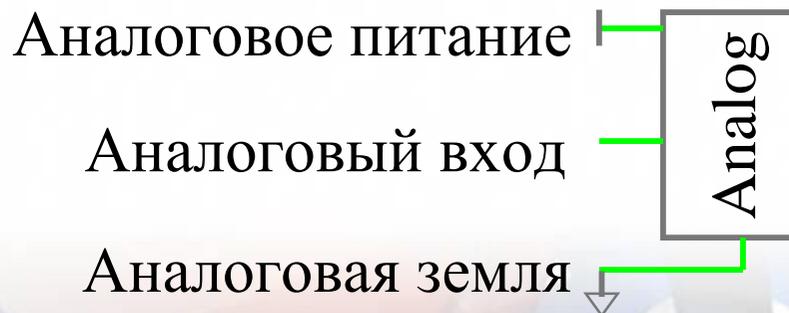
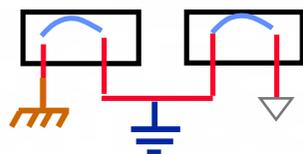
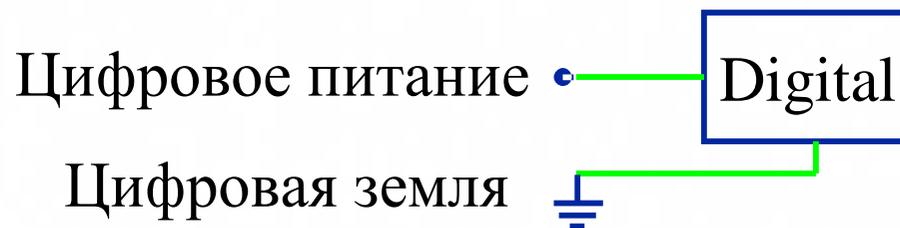
Программные решения

- | Обновление состояний портов 
- | «Поллинг» входов 
- | Шумоподавляющее сканирование входов
- | Метки прохождения программы или счетчик подпрограмм
- | Возврат из сброса
 - | Простой автомат состояний
- | Использование сторожевого таймера
 - | заполнение неиспользованной памяти командой "goto \$"

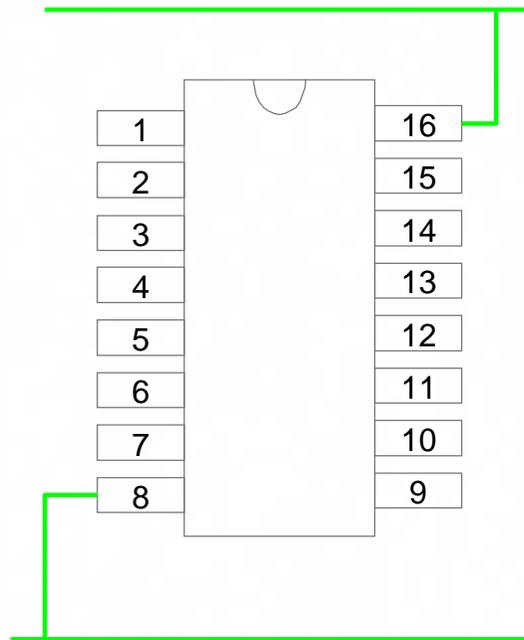
Обновление портов 50/60 Гц или в цикле main

«Горячая десятка»

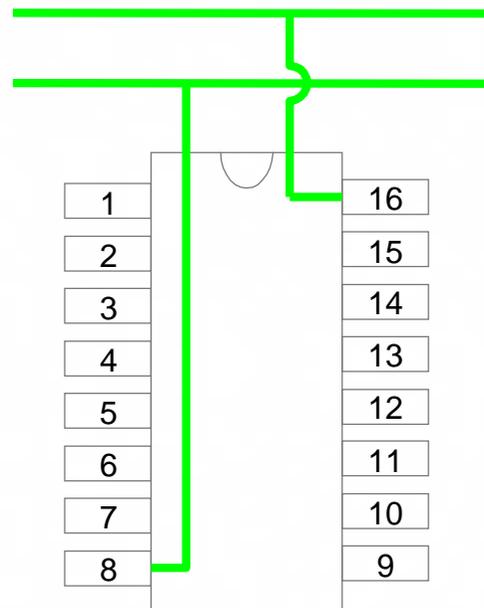
I Рекомендованное подключение



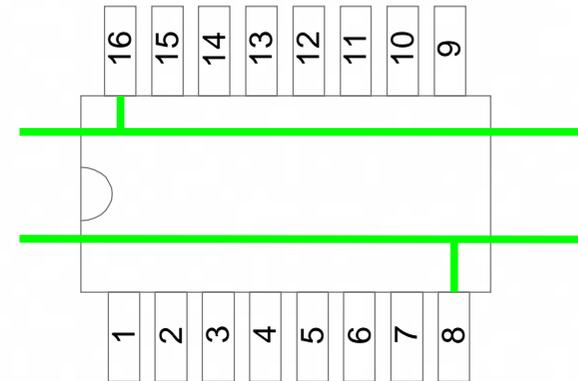
«Горячая десятка»



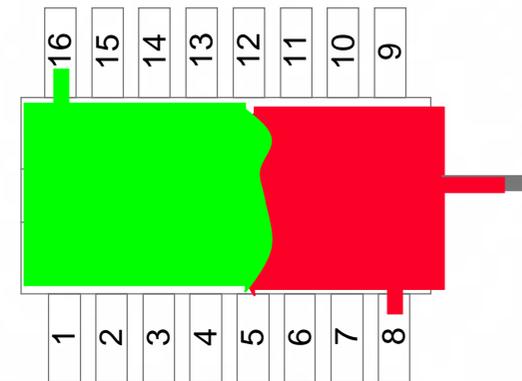
Poor



Good



Better



Best

«Горячая десятка»

Блокировочные конденсаторы

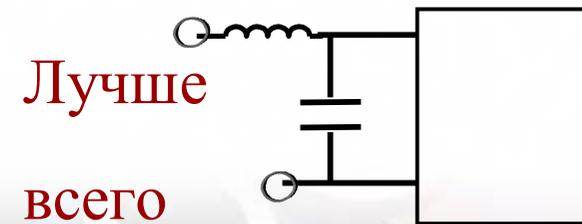
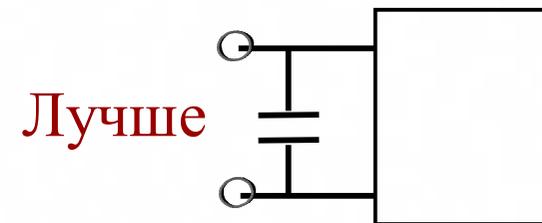
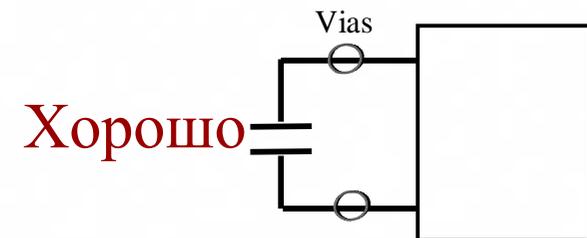


Capacitors

Self resonance of various capacitance

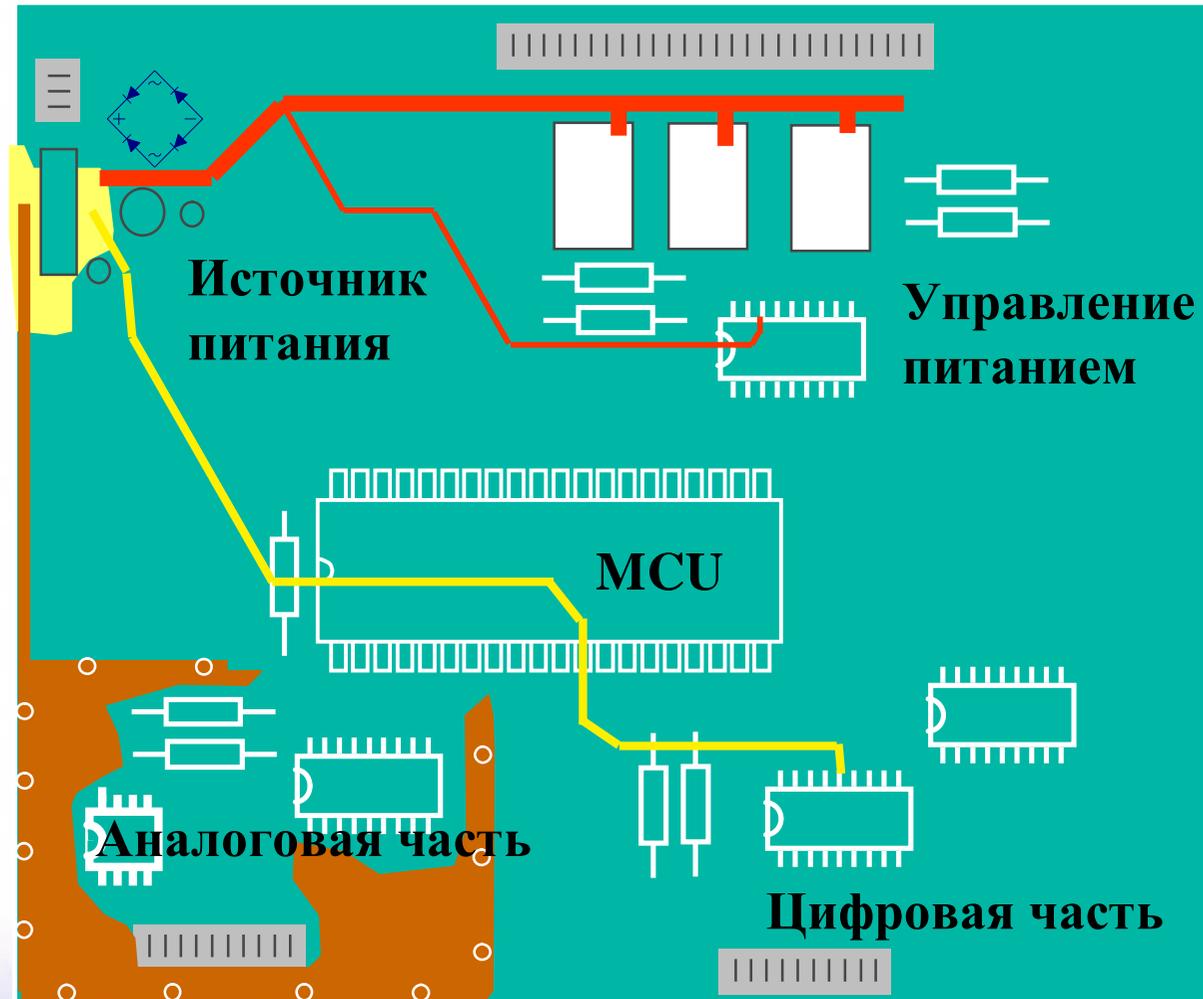
Capacitor Value	Leaded	SMT
0.1uF	2.5MHz	5MHz
0.01uF	25MHz	16MHz
1000pF	80MHz	50MHz
100pF	250MHz	500MHz
10pF	800MHz	1.6GHz

Bigger is not always better

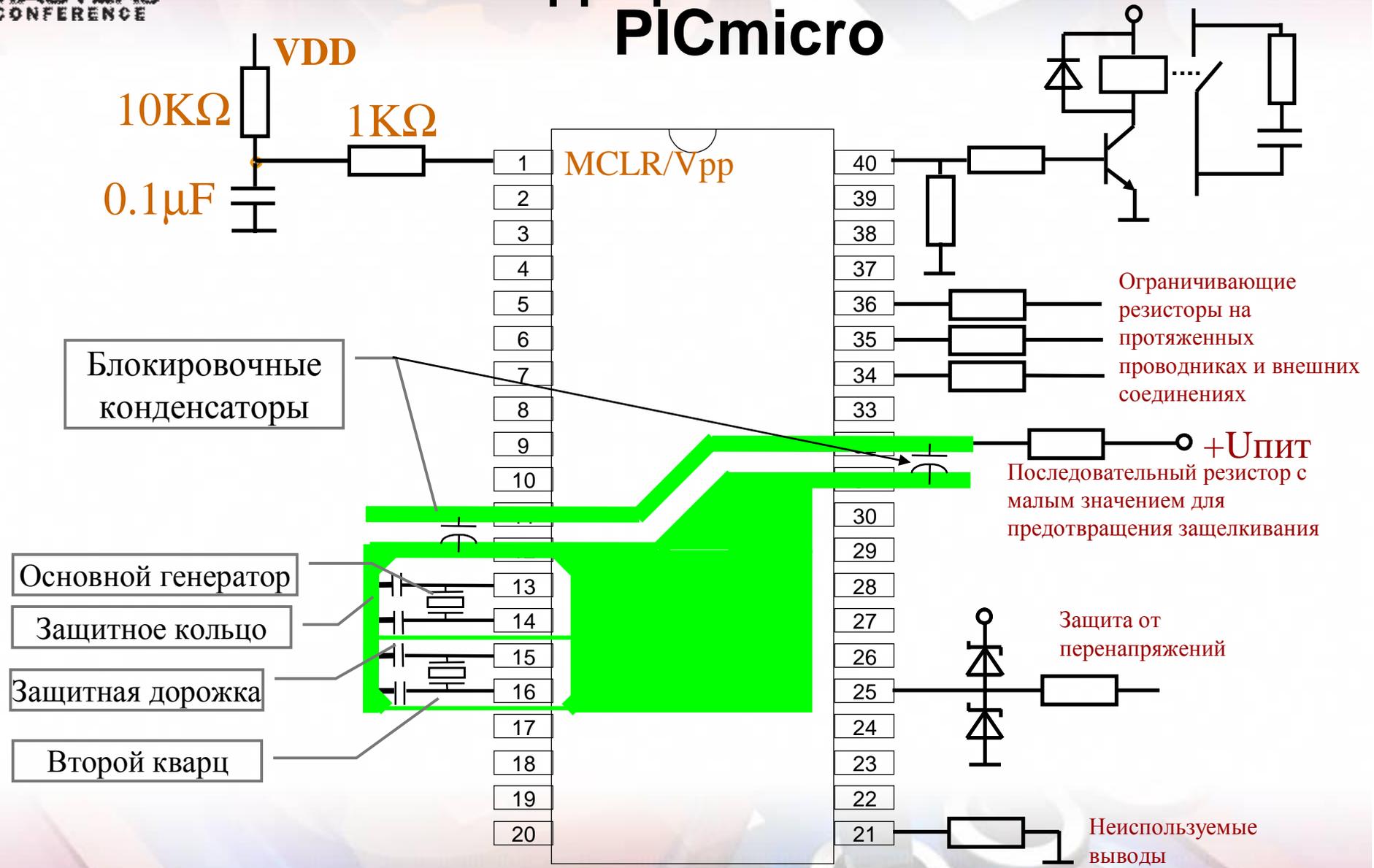


Slide 43

«Горячая десятка»



Рекомендации по включению PICmicro



Итого

- | IEC 61000-4-4 общий стандарт по EFT.
- | IEC 61000-4-2 общий стандарт по ESD.
- | Много других стандартов похожи на эти.
- | Разные системы требуют разного уровня защиты



Standards Web Site

- | Federal Communications Commission
www.fcc.gov
- | International Electrotechnical Commission
www.iec.ch
- | MIL Standards (military)
www.mil-standards.com
- | Society of Automotive Engineers
www.sae.org

Литература

- Уилльямс Т. «ЭМС для Разработчиков Продукции». Издательство: Технологии ИД, 2003 г.





Информация на сайте Microchip

Application Design Centers



Applications Design

Microchip's design centers provide all the necessary information to get started on a new design within a specific application segment. Items found on the design centers include supporting products, application notes, reference designs and development tools.

- **[Getting Started with Microchip](#)**
Starting with Microchip Products.
- **[Automotive Solutions](#)**
Embedded control for automotive.
- **[Battery Management Solutions](#)**
Power management in portable
- **[Connectivity Solutions](#)**
 - **Wired:** [CAN](#), [Ethernet](#), [LIN](#), [USB](#)
[CAN](#), [Ethernet](#), [LIN](#), [USB](#)
 - **Wireless:** [ZigBee™](#), [Infrared](#), [Radio Frequency](#)
 - **Internet:** [TCP/IP](#)
- **[Home Appliance Solutions](#)**
Appliance design and motor control.
- **[High Pin Count/High Density Memory](#)**
Robust, Award Winning, PIC Architecture
- **[KEELOQ® Authentication Solutions](#)**
Remote security and keyless entry.
- **[LCD Solutions](#)**
LCD PIC MCUs and Analog Solutions.
- **[Low Power Solutions](#)**
nanoWatt and analog solutions.
- **[Designing for Mechatronics](#)**
Add intelligence to mechanical design.
- **[Motor Control Solutions](#)**
Motor control applications
- **[World's Smallest Microcontrollers](#)**
The PIC10F Family in a six-pin package.
- **[EMC Design](#)**
Improve the robustness of your design
- **[Start Now](#)**

Сварка!