

- **Електронните устройства и околната среда**

- **Параметри на околната среда. Промислени и лабораторни условия;**
  - Температура;
  - Влажност;
  - Химическо въздействие, запрашеност;
  - Вибрации, удари;
  - Слънчево греене и други лъчения;
  - Влияние върху сензори, подбор на сензорите според условията;
  - Влияние върху параметрите на уредите (влошаване, по-голяма грешка);
  - **Електромагнитни смущения.**

## Електронни устройства за измерване и управление

- **Електромагнитна СЪВМЕСТИМОСТ;**

- Същност. Как се проявява. Дефиниция;
- Възникване на смущенията. Атмосферни смущения. Възникват и при работа в нормални условия – микровълнова печка, радиопредавател (телефон);
- Проникване в уредите:
  - През захранването, мрежа 230V (400V), батерия и др.
  - През връзките с околната среда, сензори, други уреди (**входове и изходи**);
  - Като електромагнитно поле (радиовълни), капацитивно, индуктивно. Обикновено това се проявява при големи стойности на смущенията (електростатичен разряд, мълния и др.) или при голяма чувствителност на уреда.

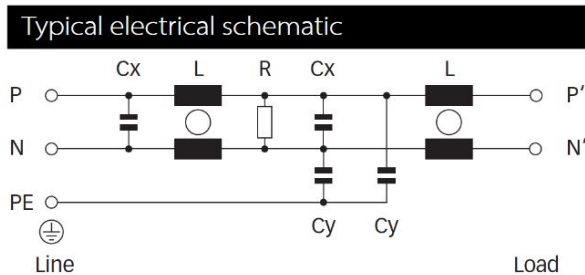
Често уредите **смущават сами себе си** – при недобро проектиране.

## Електронни устройства за измерване и управление

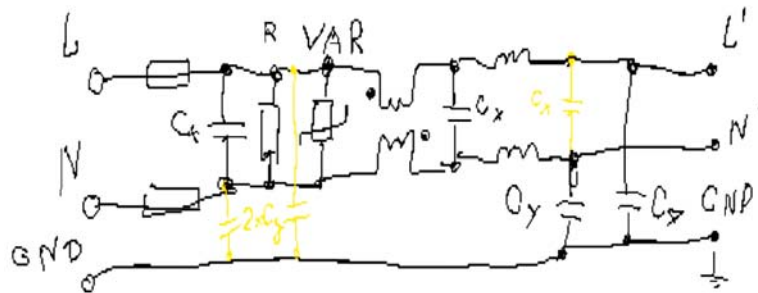
- **Защита от ЕМС според причината и начина на проникване:**
- **През захранването**
  - Електродомакински уреди (миксери, микровълнови печки и т.н) – източник на големи смущения („искрящи“ двигатели). **Филтри при смутителя** – цена;
  - Избор на схема (принцип) на захранване;
  - Екраниране на трансформатори и цели захранващи блокове;
  - Предимства (и недостатъци) на ключовите захранвания.
  - **Филтри в захранването.**
  - Действат **двупосочно**. Примери на филтри с различна сложност **според изискванията**;
  - **Организационни мерки** в лабораториите и в бита (самостоятелно) – свързване през един разклонител или използване на мрежата на осветлението.

## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – филтър в захранването, схема:



- Типична схема на ЕМС филтър който може да се закупи и включи на входа на чувствителни консуматори – компютри и периферия. Цената му зависи от максималния ток.



- Схема на филтър като част от електронно устройство което се захранва от мрежата. Задължителни са предпазителите, два  $C_y$  и един  $C_x$  кондензатори, резистор паралелен на  $C_x$  (за безопасност) и шумоподтискащ трансформатор (синфазен).

$C_x$  са с капацитет 20-200nF, а  $C_y$  – 1-10nF (за уреди до 1kW).

## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от EMC – филтър в захранването, фото:

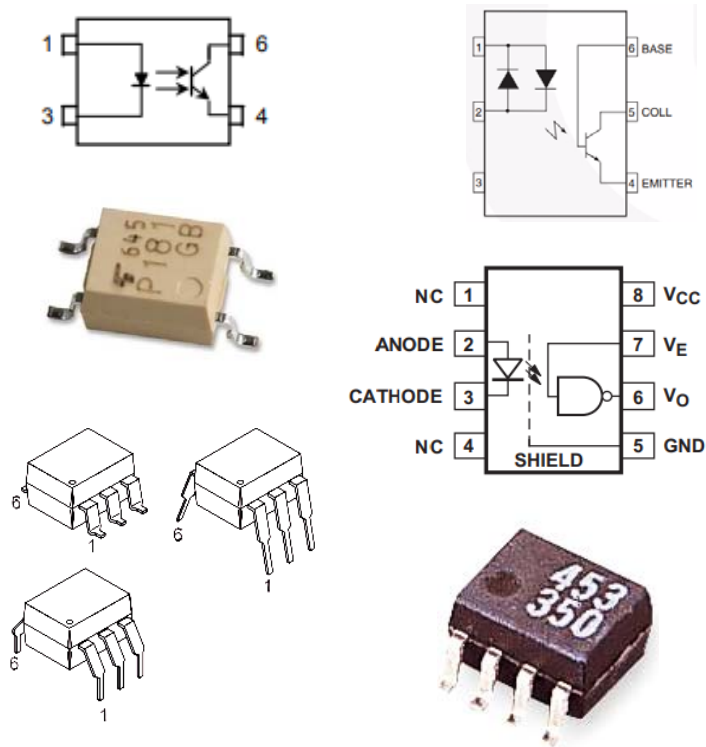


## Електронни устройства за измерване и управление

- **Защита от ЕМС според причината и начина на проникване:**
  - **През интерфейса (връзките с други устройства)**
    - Подбор на интерфейса според изискванията - ограничаване на честотната лента, **диференциален - усукани двойки**, предаване с по-голяма мощност (**енергия**), токова връзка, **защитни елементи**, супресори;
    - Хистерезис, плюсове и минуси.
  - **Галванично развързване** - радикалното решение
    - Избор на развързването според вида на сигнала – аналогов, цифров;
    - Оптронно, предимства и недостатъци. Голяма потенциална разлика;
    - Трансформаторно, предимства и недостатъци;
    - Капацитивно и други. Особености. Предимства и недостатъци. Области на приложение;
    - Цифрови изолатори, основни параметри, видове;
    - **Смущения през захранването на развързаните модули;**
    - RF връзка (WiFi, Bluetooth, ZigBee, LoRa и др.) като вид развързване;

## Електронни устройства за измерване и управление

### • Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, оптрони:

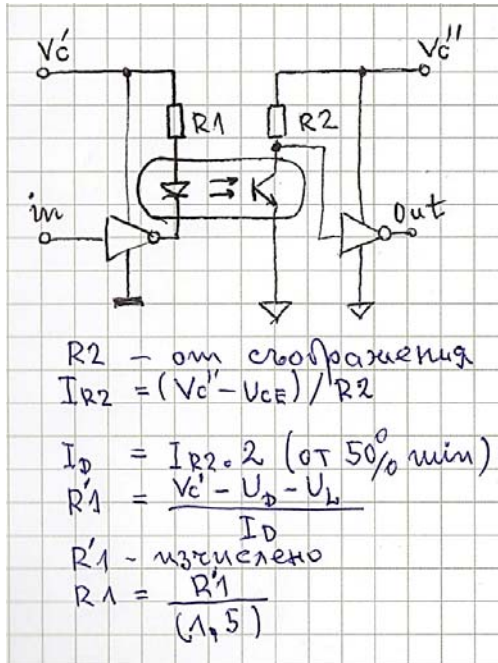


- Класически оптрон – светодиод и фототранзистор, разновидности;
  - Основни параметри
    - изолационно напрежение (600, 1000, 2200, ...)
    - коефициент на предаване 50-600 в % !
    - бързодействие, твкл. и тизкл., разлика !
- Цифрови оптрони, корпус с 8 извода;
  - Основни параметри
    - задължително отделно захранване
    - по-голямо бързодействие 5-10 MHz
- Корпуси
  - Размерите са съобразени с работното напрежение - тези за повърхностен монтаж (SMD) са със същата големина като тези за монтаж в отвори (TH).

**Оптрони се ползват за галванично развързване не само за защита от ЕМС!**

## Електронни устройства за измерване и управление

### • Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, оптрони, примери:



### • Предаване на цифров сигнал, стандартно бързодействие;

- стареене на светодиода, затова се приема запас до два пъти;
- изчисление на резисторите. Пример:

Зададени са основните параметри:

- коефициент на предаване на оптрона 50 - 120%;
- напрежение върху инфрачервен диод  $U_D = 1V$ ;
- логическа "0" на инвертора  $U_L = 0,4V$ ;
- напрежение на наситен фото-транзистор  $U_{CE} = 0,2V$ ;
- захранващи напрежения –  $V_{c'}$  и  $V_{c''}$

При тези начални данни се **изчислява R2** по следния начин:

- от необходимото бързодействие се определя  $\tau = R2C_s$  като

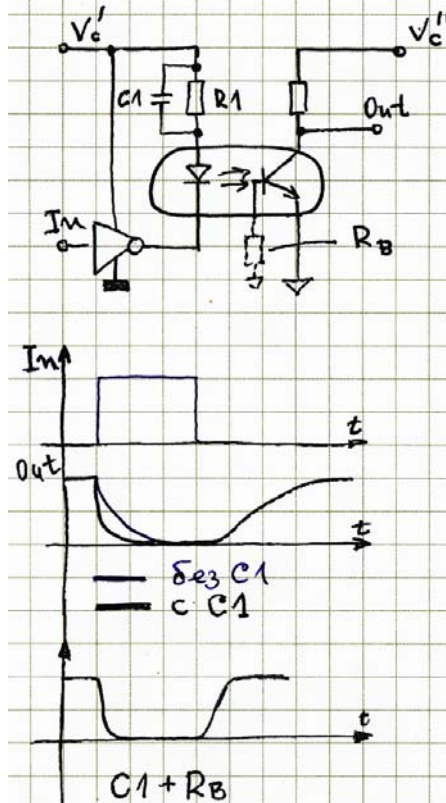
времеконстантата  $R2C_s$  трябва да е поне 3 пъти по-малка от най-краткия импулс. Във формулата  $C_s$  е сумата от входния капацитет на следващото стъпало, **изходния капацитет** на оптрона с отчитане на ефекта на Милер (Miller Effect) и паразитен капацитет (2-5 pF). Изчислява се  $R2$ .

- влияние на входното съпротивление на следващото стъпало  $R_{in}$ , желателно е  $R2 \ll R_{in}$ .



## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, оптрони, примери:



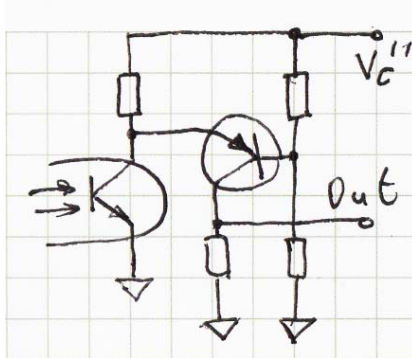
- Предаване на цифров сигнал, решения за увеличаване на бързодействието:

1. Ускоряващият кондензатор  $C1$  намалява само времето на включване. Резисторът  $R_B$  (в базата) намалява времето на изключване, но влошава коефициента на предаване. За да се получи времедиаграмата ( $C1 + R_B$ ) се намалява  $R1$  за да се компенсира намаленият коефициент на предаване. По този начин бързодействието се увеличава до 10 пъти но може да се наложи **индивидуална настройка на  $R_B$** ;

Поради разликата между  $t_{вкл.}$  и  $t_{изкл.}$  на опtronите, те трябва много внимателно да се ползват при PWM модулация, т.е. когато информацията се носи от коефициента на запълване!

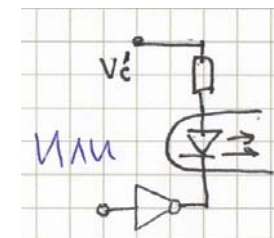
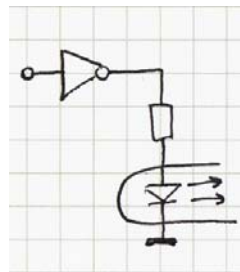
## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, оптрони, примери:



2. Ефектът на Милър може да се намали като се намали скокът на напрежение (усилването) в колектора на оптрона. Тогава ще е необходимо допълнително усилване до логическо ниво. Със схема „обща база“ бързодействието се увеличава 50-100 пъти;

При оптроните **поляритетът на логическия сигнал** може много лесно да се сменя (да се инвертира). Това става като се смени начинът на свързване на светодиода, както е показано на схемите по-долу.



## Електронни устройства за измерване и управление

- **Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, оптрони, примери:**

- **Предаване на аналогов сигнал;**

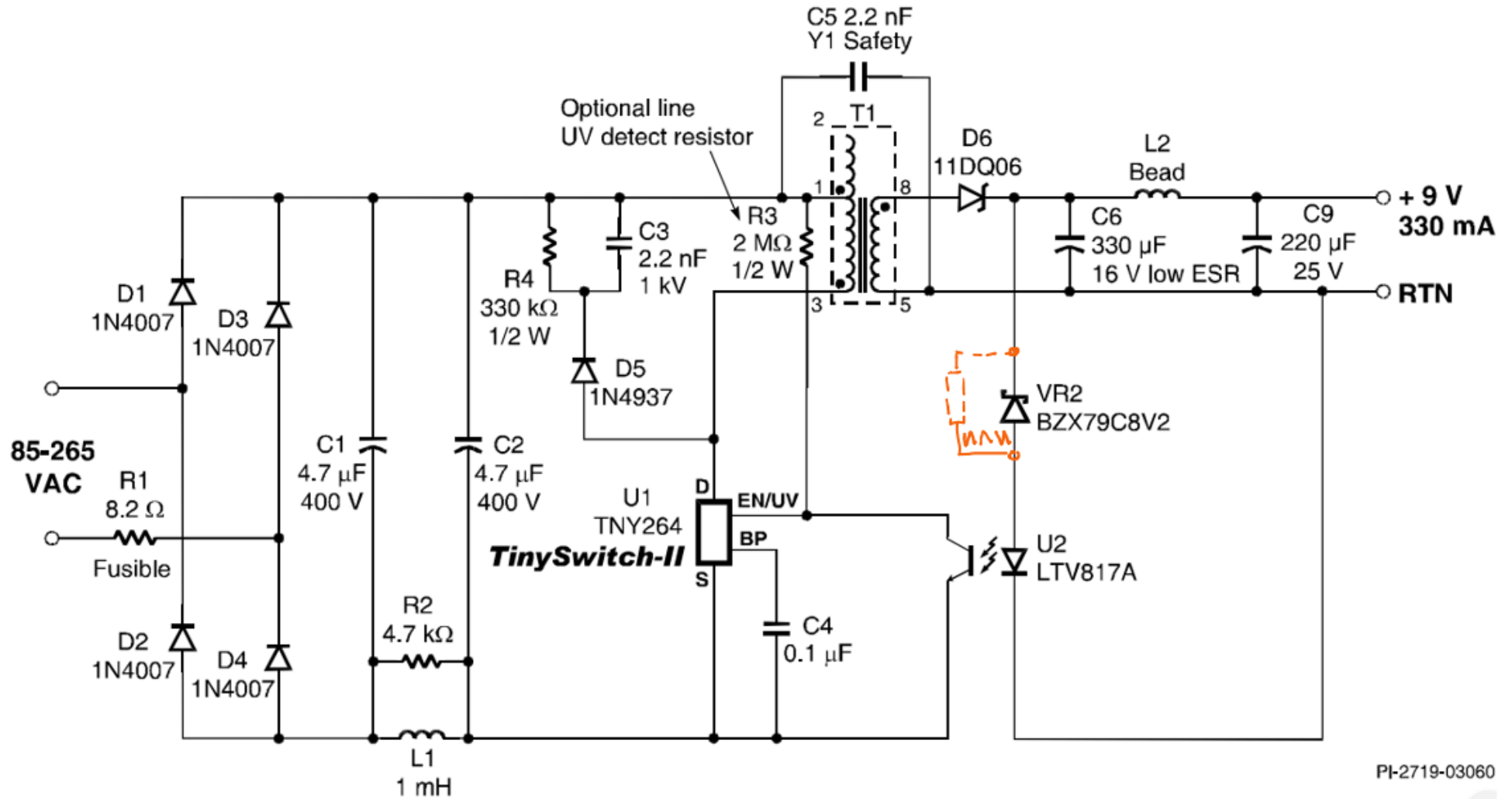
Поради стареене на светодиода сигналът ще се предава с грешка. Ако светодиодът си промени коефициента на предаване с 30%, с толкова ще се промени и сигналът.

На следващата схема е показано как може да се предава аналогова информация. Оптронът предава информация за изходното напрежение на AC/DC преобразувателя за 9V. Токът през светодиода може да се зададе или както е на схемата през VR2 или през резистор R<sub>b</sub>. И в двата случая, след настройка, устройството ще работи еднакво добре. След време, ако коефициентът на предаване на оптрона спадне с 10% и токът през светодиода се задава от R<sub>b</sub>, почти с толкова ще се увеличи изходното напрежение (от 9 на 10V). Ако се ползва VR2 промяната ще е около 10mV. Това е така защото с R<sub>b</sub> през оптрона се предава информация за изходното напрежение като цяло, а в другия случай се **предава грешката**, т.е. с колко изходното напрежение се отличава от зададеното. В конкретната схема изходното напрежение се определя от напрежението на пробив на ценовия диод плюс напрежението на светодиода (8,2 и 1 V);

**Тази схема е и добър пример за спазване на изискванията за електромагнитна съвместимост. Ролята на X кондензатор се изпълнява от C1, а на Y от C5.**

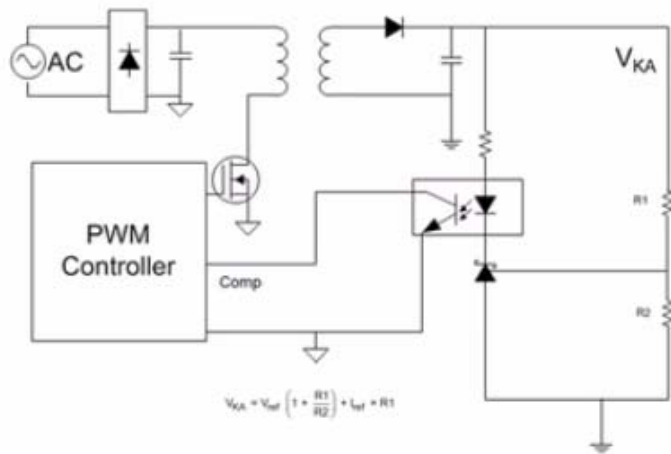
## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, оптрони, примери:



## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, оптрони, примери:

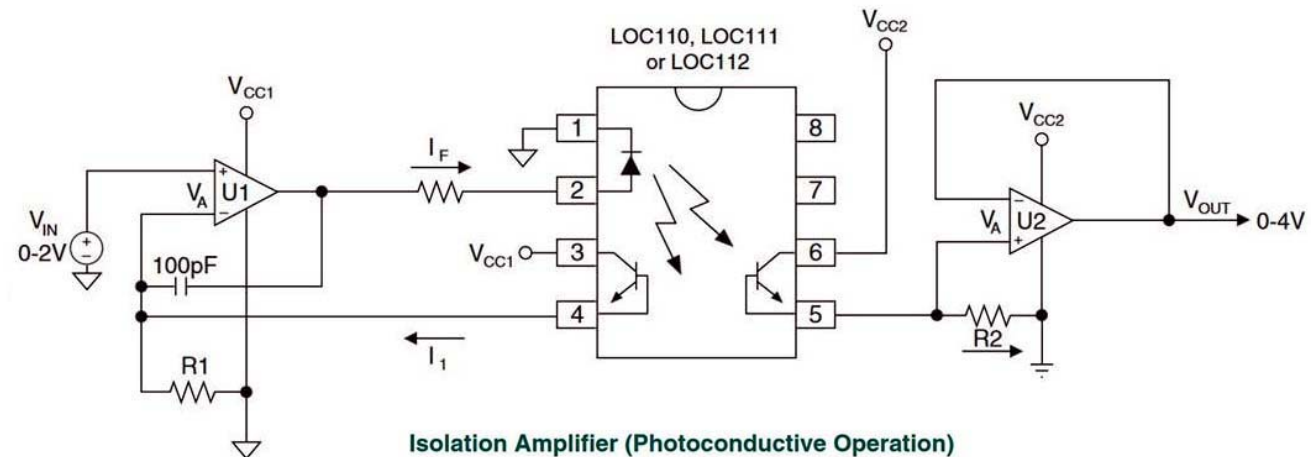
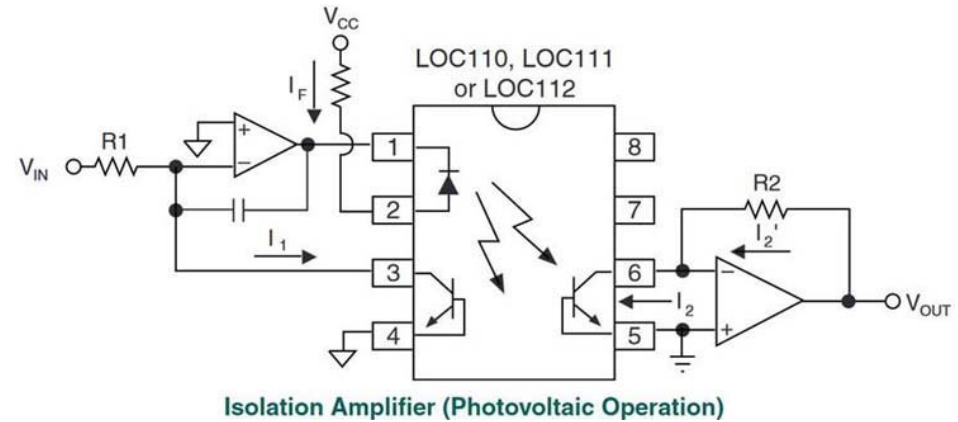
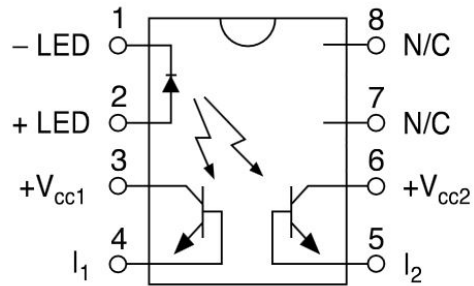


Когато за формиране на сигнала за обратна връзка се ползва схема с усилване, грешката от промяната на параметрите на оптрона ще е още по-малка.

На принципно-блоковата схема е показан AC/DC преобразувател. Изходното напрежение се контролира с опорен източник от паралелен (шунтов) тип – например TL431. Въпреки че коефициентът на предаване на оптрона (по каталог) варира в широки граници – от 50% до 600% т.е. 12 пъти, изходното напрежение ще се променя само с няколко mV.

## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, аналогови оптрони:



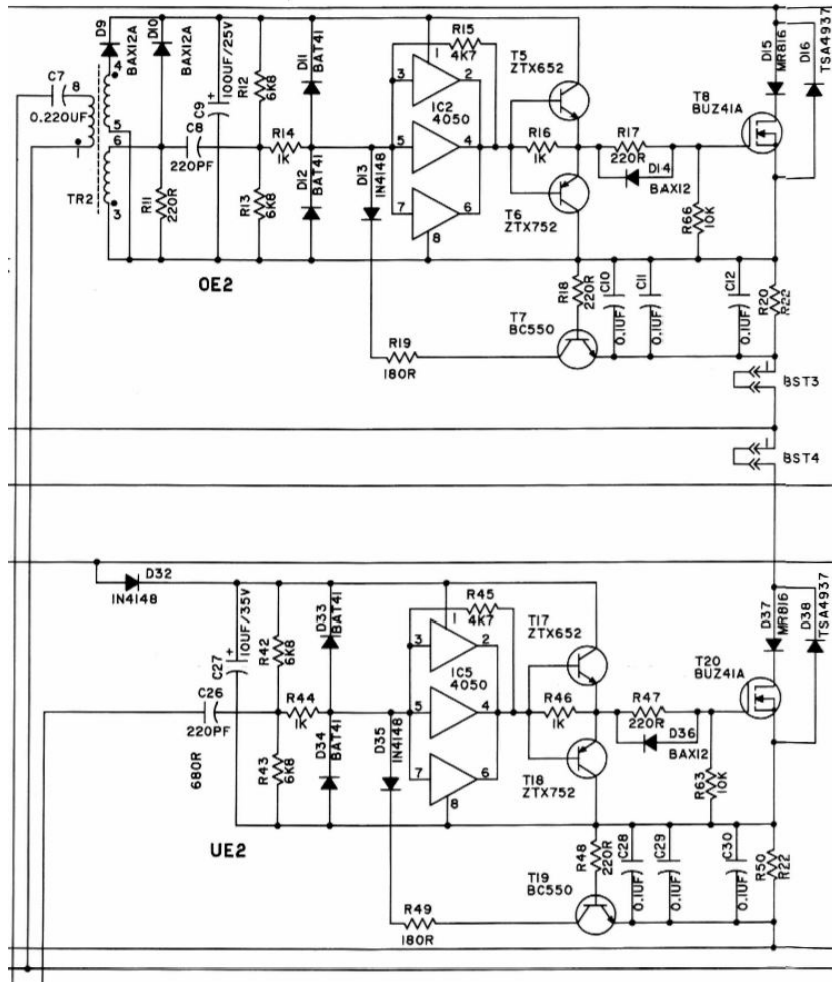
## Електронни устройства за измерване и управление

- **Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, трансформатори:**
  - Трансформаторите **за разлика** от оптроните:
    - предават сигналите **двупосочно**. Може да предават сигнал и захранване;
    - по-високочестотни са;
    - коефициентът на предаване не се променя и няма разлика между екземплярите;
    - линейни са и могат да предават аналогови сигнали **НО не предават постоянен ток!!!**
    - за предаване и на постоянен ток се ползват схеми (модулация-демодулация) за възстановяване на постояннотоковата съставна;
    - имат по-голям проходен капацитет.
  - Няма стандартни (има за Ethernet мрежи), изработват се **за конкретния уред**;
    - конструктивните параметри на трансформатора се определят от параметрите на сигнала който се предава и дали същият трансформатор ще се ползва и за захранването на развързаната част;
  - При голяма част от банковите карти, безконтактният пропуск и т.н също се ползва трансформаторно развързване.

**Трансформаторите се ползват по-често за захранване, а не за защита от ЕМС!**

## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за галванично развързване – при различни потенциали:



- Двете драйверни стъпала са на различни основни потенциали. Развързването е трансформаторно.



## Електронни устройства за измерване и управление

- **Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, цифрови изолатори:**
  - Принцип на работа. Развързаните страни са с отделни захранвания:
    - оптронни (предимно за цифрови сигнали);
    - магнито-резистивни;
    - трансформаторни;
    - капацитивни;
    - **неизвестни, в каталозите се дават параметрите не принципът.**
  - Основни параметри. Обикновено са важни параметрите, а не принципът на работа, но от него зависят някои от параметрите – влияние на външни фактори.
    - максимално изолационно напрежение, постоянно, променливо, непрекъснато (работно), краткотрайно (1 минута) или пиково ( $\mu\text{s}$ ,  $\text{ns}$ );
    - максимална скорост на предаване (data transfer rate);
    - устойчивост на синфазни преходни процеси (common-mode transient immunity);
    - влияние на външни въздействия (магнитно поле и др.). Това може да предопредели избора на изолатор – например, ако се намира в близост до трансформатор;
    - специфични параметри – захранващо напрежение, консумация, параметри на входния и изходния сигнал.

## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – галванично развързване, цифрови изолатори:
- <https://www.silabs.com/isolation> - общ преглед, примери

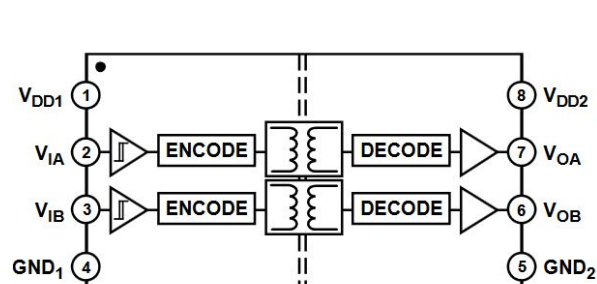


Figure 1. ADuM1200 Functional Block Diagram

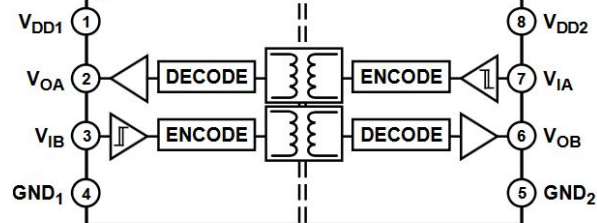
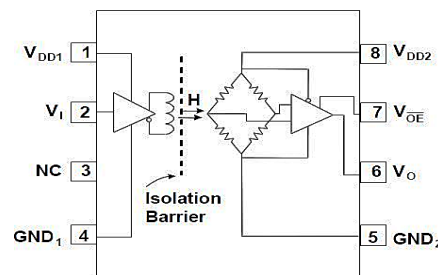
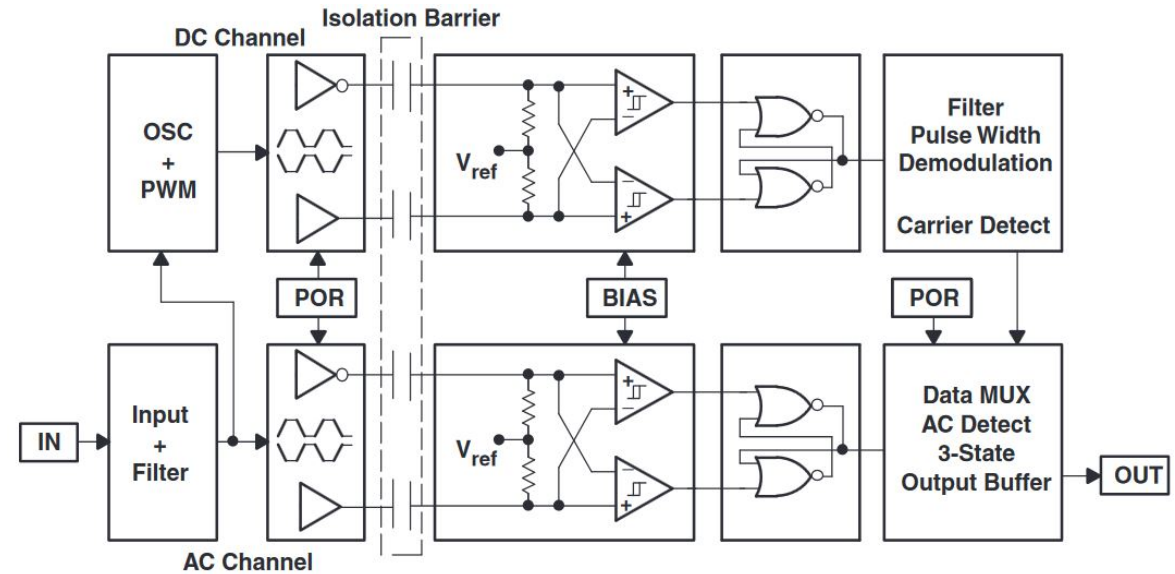


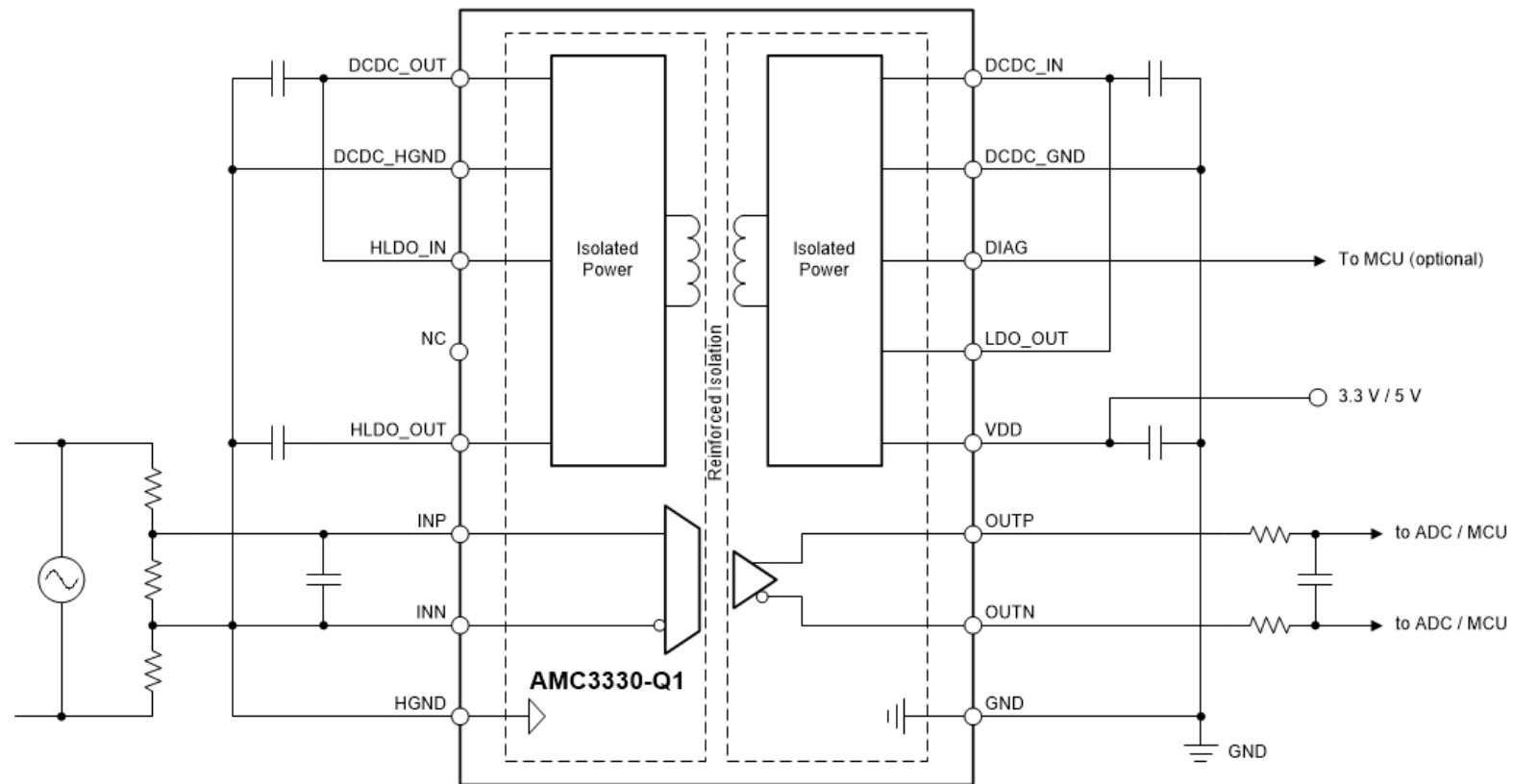
Figure 2. ADuM1201 Functional Block Diagram



- Различават се по принципа на работа. За потребителя са важни основните параметри.

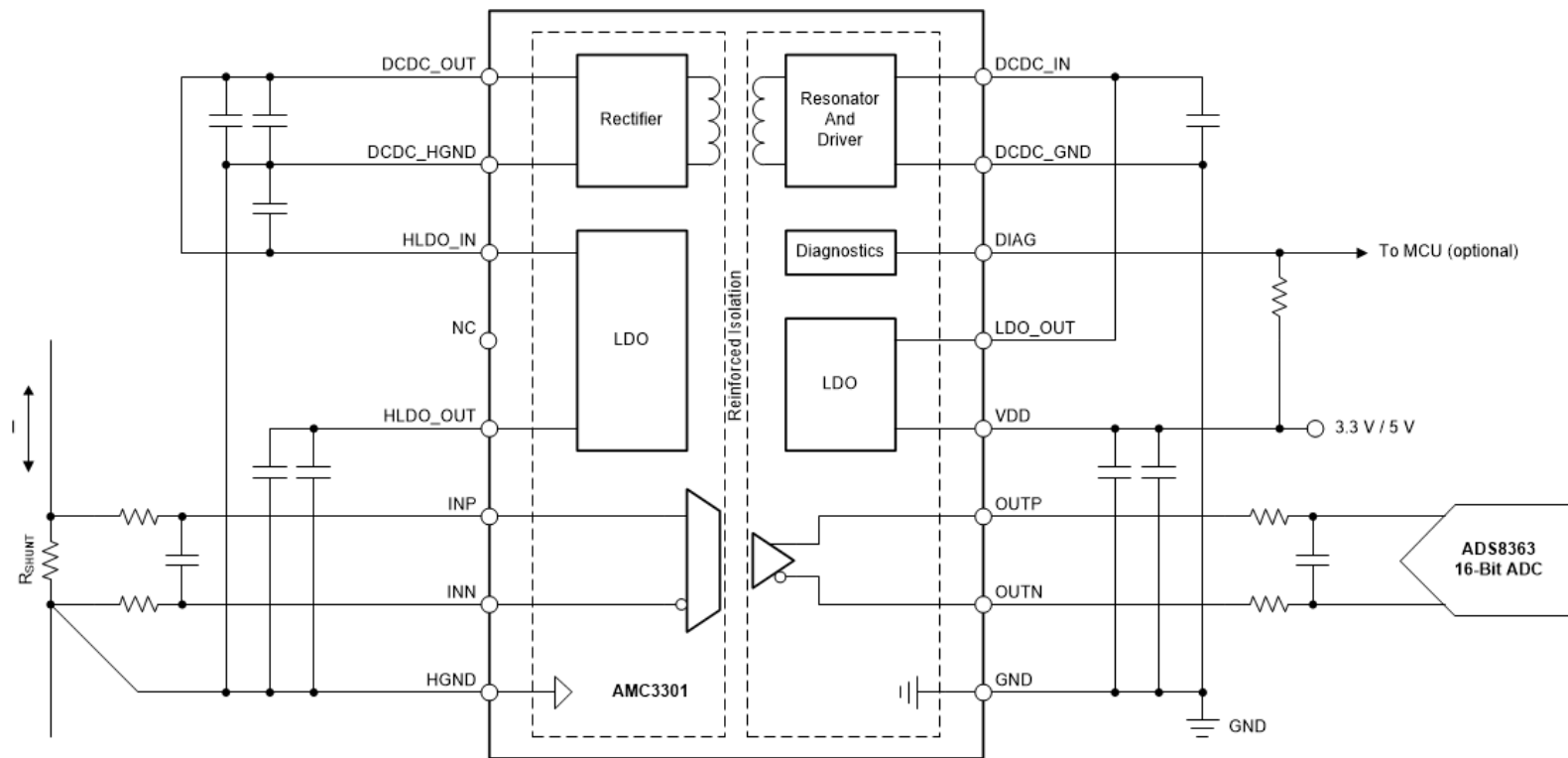
## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – изолатори, **сигнал и захранване в една ИС:**
- <https://www.ti.com/isolation/overview.html> - примери за изолатори



## Електронни устройства за измерване и управление

- Пример за защита от ЕМС – изолатори, **сигнал и захранване в една ИС:**
- Примери за осигуряване на захранване в изолираната част – за измерване на напрежение (в предишната схема) и ток;



## Електронни устройства за измерване и управление

- **Защита от ЕМС според причината и начина на проникване:**
  - **Като електромагнитно поле (радиовълни)**
    - Екраниране на някои блокове и уредите като цяло;
    - Схемни решения, правила при **проектиране на печатните платки** (при една и съща схема), използване на противосмутителни елементи (дросели и др.);
  - **Организационни мерки**
    - Къде да е развързването? В кой от двата уреда;
    - Мрежа на осветлението или специална мрежа;
  - **Атмосферни смущения**
    - Мълниезащита, гръмоотводи;
    - Катодни отводители (Surge arresters).

**Лекции 1-3 от Електронно уредостроене, магистърски курс.**

## Електронни устройства за измерване и управление

- **Теми за тестови въпроси:**

- Параметри на околната среда, изисквания към ЕУ;
- Промислени и лабораторни условия, сравнение;
- Електромагнитна съвместимост, какво означава;
- Възникване на електрически смущение, разпространение;
- Защита от ЕМС според причината и начина на проникване, филтри;
- Подбор на интерфейс, галванично развързване;
- Сравнение между различните видове галванично развързване, предимства и недостатъци. Изчисления на схеми. Сравнение на бързодействие;
- Предаване на аналогови сигнали, аналогови оптрони;
- Цифрови изолатори, видове, параметри, сравнение;

## Електронни устройства за измерване и управление

- **Електронните устройства при специални условия. Пожаропасна и взривоопасна среда;**
  - **Параметри на околната среда, специални условия.**
    - Освен всички разгледани по-горе (температура, влажност, . . .) и:
      - Леснозапалими вещества (бензин и др.);
      - Вещества образувачи взривоопасни смеси (газ, брашно и др.);
      - Технологични процеси създаващи условия за пожар (заваряване и др.);
      - Хранително-вкусова промишленост (хранителна индустрия), миннодобивна промишленост, работа с отпадни води, канализация и др.;
      - Военна индустрия;
      - Обекти (цехове, складове, помещения) с условия за възникване на опасност.

## Електронни устройства за измерване и управление

- **Електронните устройства при специални условия. Пожаропасна и взривоопасна среда;**
  - **Параметри на околната среда, мерки за безопасност:**
    - Освен стандартните и:
      - Определяне степента на опасност на работната среда (цех, лаборатория, склад и т.н.) в зависимост от свойствата на наличните вещества, разделяне на групи;
      - Задаване на ограничения за работа в средата – облекло, обувки и т.н, и изисквания за параметрите на сградата – стени, покрив, противопожарни съоръжения;
      - Задаване на ограничения към използваните съоръжения и апаратура според параметрите на средата.



## Електронни устройства за измерване и управление

- **Изисквания към електронната апаратура:**

- Разделяне на групи според степента на опасност:

- Ограничение на работните токове и напрежения;
- Ограничения към стойностите на използваните елементи – батерии, капацитети, индуктивности и др.;
- Увеличена надеждност на схемните решения и използваните елементи (дублиране);
- Използване на интерфейси гарантиращи сигурността, които не могат да предизвикат пожар, взрив.

## Електронни устройства за измерване и управление

- **Изисквания към електронната апаратура:**

- **Организационни мерки според групата (опасността):**

- Забрана за използване на електричество при производство и съхранение на взривни материали, гориво. Военно производство;
- Използване на електрически съоръжения които напълно отговарят на ограниченията за работа в средата – трудно приложимо и скъпо;
- Разделяне на работната среда на две части. Едната отделена и допълнително обезопасена и друга – основна и опасна. В основната се използват напълно обезопасени прости уреди които осигуряват измерването и управлението, а в отделената се използва стандартна апаратура.

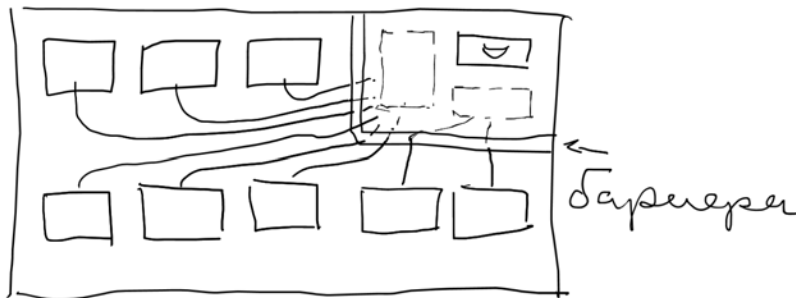
## Електронни устройства за измерване и управление

- Организация на работата при разделяне на работната среда (цех):

В основната част, където средата е пожароопасна, се извършва същинското производство.

Когато управлението на производствения процес е сложно, е много скъпо, а понякога и невъзможно да се изработят уреди напълно отговарящи на изискванията за безопасна работа.

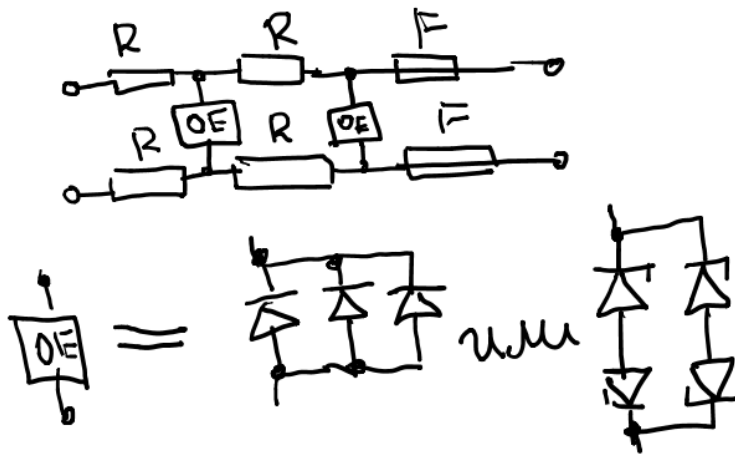
- По-евтино е да се направи помещение, отделено от опасната среда, в което да се ползва стандартна апаратура;
- В опасната зона се използва минимално необходимата апаратура отговаряща на всички ограничения за работа в средата;
- Връзката между двете части трябва да недопуска проникване на опасни нива на сигналите от отделената част към опасната. Използват се устройства наречени „**барие**ри“. Те може да са част от апаратурата или отделни устройства.



## Електронни устройства за измерване и управление

- Бариери, основни параметри:

- Това са устройства които ограничават тока и напрежението, не допускат искри, не горят;
- Стойностите на ограничение зависят от степента на опасност;
- Ограничителните елементи обикновено са дублирани – понякога и многократно;
- Поради голямата отговорност **са скъпи и винаги преминават през по-специален режим** на тестване за работоспособност;
- Обикновено бариерите **не са в стената** която разделя двете зони. Те или са част от устройствата които се използват в обезопасената среда или са монтирани в близост.



Вляво е показана типична схема на бариера.

Напрежението на ограничителният елемент **ОЕ** се подбира според ограниченията на средата.

Предпазителите може и да са резистори които прекъсват веригата при претоварване (Fusible) и не се запалват.

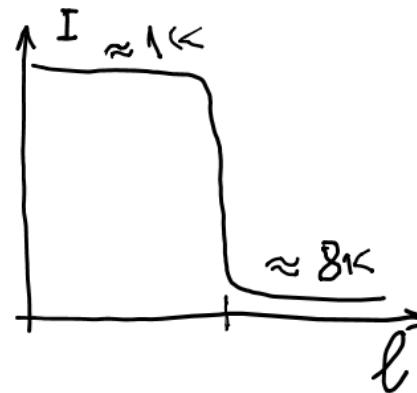
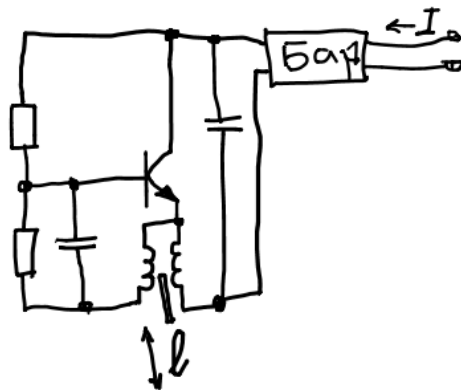
## Електронни устройства за измерване и управление

- Интерфейси (сигнали) през бариерите:

- Ограничение на мощност, напрежение, ток;
- Нулата да не носи информация (за откриване на прекъснат проводник);
- „Цифровите“ сигнали (включено-изключено, високо-ниско) се задават с различима промяна на тока (от 2 на 10mA) или съпротивлението (от  $<1\text{k}\Omega$  на  $>$  от  $8\text{k}\Omega$ );
- Много често връзката през бариерата се ползва и за захранване на модулите в опасната зона, които, обикновено, са с малка консумация;

**Пример** - като крайни изключватели в опасната зона се ползват „Индуктивни датчици“.

Това се генератори с индуктивна обратна връзка. При нормална работа генераторът



работи и консумираният ток отговаря на съпротивление около  $1\text{k}\Omega$ . При доближаване до (на) метал генераторът спира, токът спада и външно това се отчита като промяна на съпротивлението –  $8\text{k}\Omega$ .

- Типичен интерфейс за връзка между опасната и безопасната зона е и „**Токвата връзка**“.

## Електронни устройства за измерване и управление

- **Токовата връзка като индустриален стандарт:**

Освен като интерфейс за работа в пожароопасни и взривоопасни среди токовата връзка, поради безспорните предимства, се е наложила като стандарт и въпреки постепенното навлизане на цифрови технологии е масово разпространена. Приемствеността също влияе на продължаващото използване на този интерфейс.

- **Принцип на работа и основни параметри:**

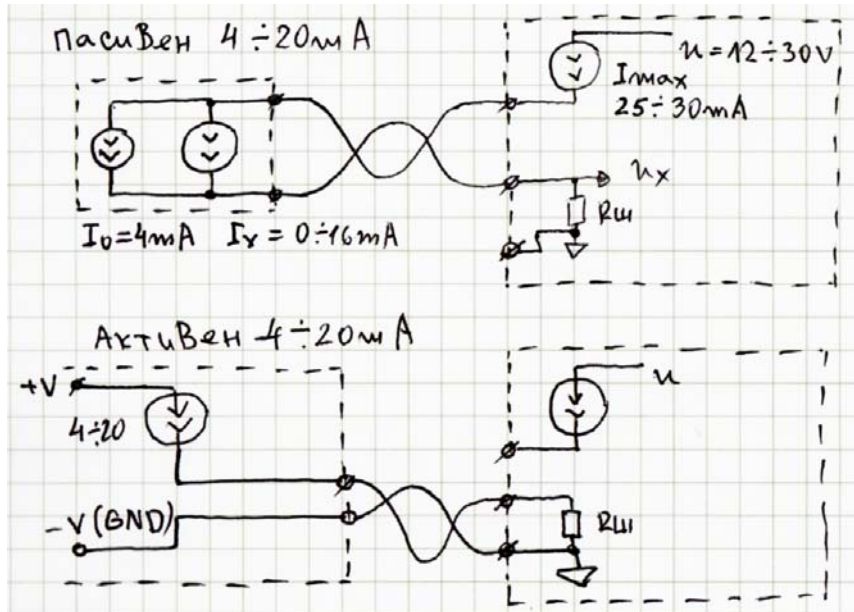
- Информацията се пренася чрез ток –  $I_1=0\%$ ,  $I_2=100\%$ ;
- Точна стойност на консумацията  $I_1$ ;
- Точност на преобразуване от 0,1 до 1%, типично 0,5%;
- Линейна или друга (начупена, логаритмична) характеристика.
- Разновидности на токовата връзка.

- **Предимства на този интерфейс:**

- Шумоустойчивост (работи с ток, енергия), позволява галванично развързване;
- Съпротивлението на свързващите проводници не внася грешка;
- Минимален брой проводници, сигналът се предава по проводниците на захранването;

## Електронни устройства за измерване и управление

- Активни и пасивни преобразуватели с токова връзка:



Поради добрите параметри на токовата връзка, широкото ѝ разпространение, добрата ѝ шумоустойчивост, много от уредите, освен други изходи, имат и изход 4 – 20 mA.

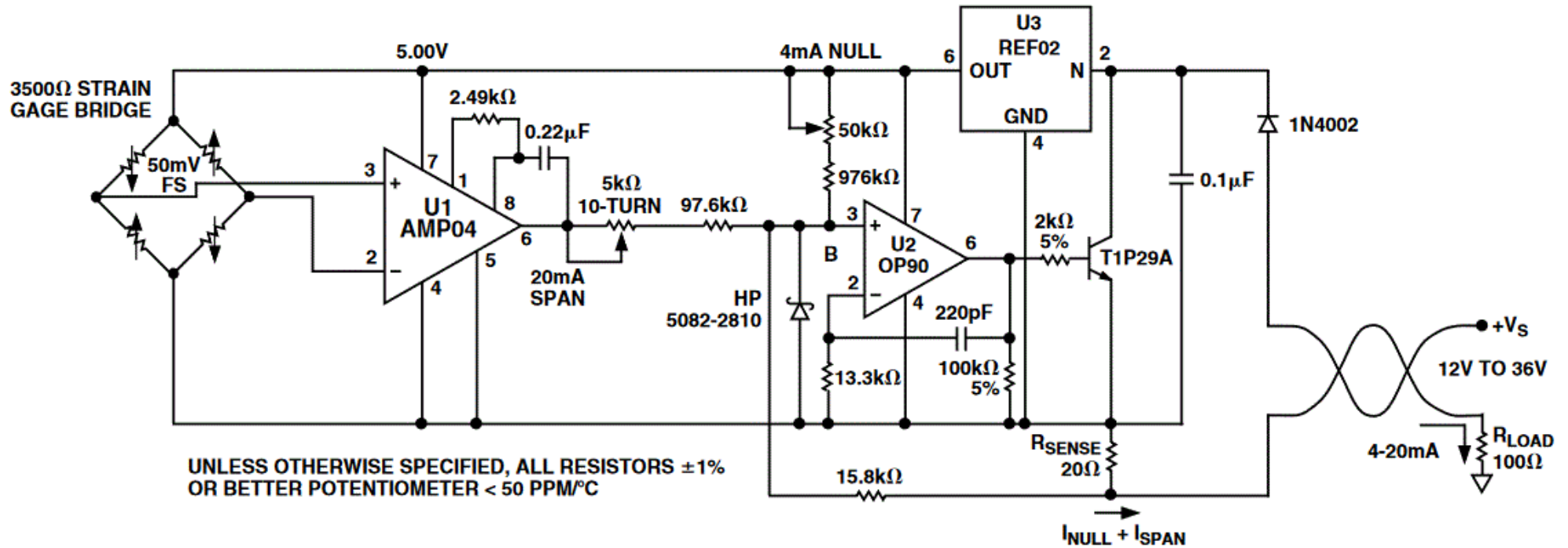
Когато не могат да се вместят в стандарта 4 mA за собствена консумация, те захранват модула отделно самостоятелно. За да се свързват към стандартна апаратура е запазен обхватът 4 – 20 mA. **В тези случаи в описанието на уреда и инструкциите за свързване трябва изрично да е указано, че преобразувателят е активен.**

- Схемотехника:

- Изисквания към модулите (генератори на ток):
  - широк обхват работни напрежения (поради  $R_{ш}$  и  $R$  на свързващите проводници);
  - точност на преобразуване – по-добра от 0,1%;
  - не се изисква широка честотна лента (постоянно-токови);

## Електронни устройства за измерване и управление

- Схемотехника, пример:



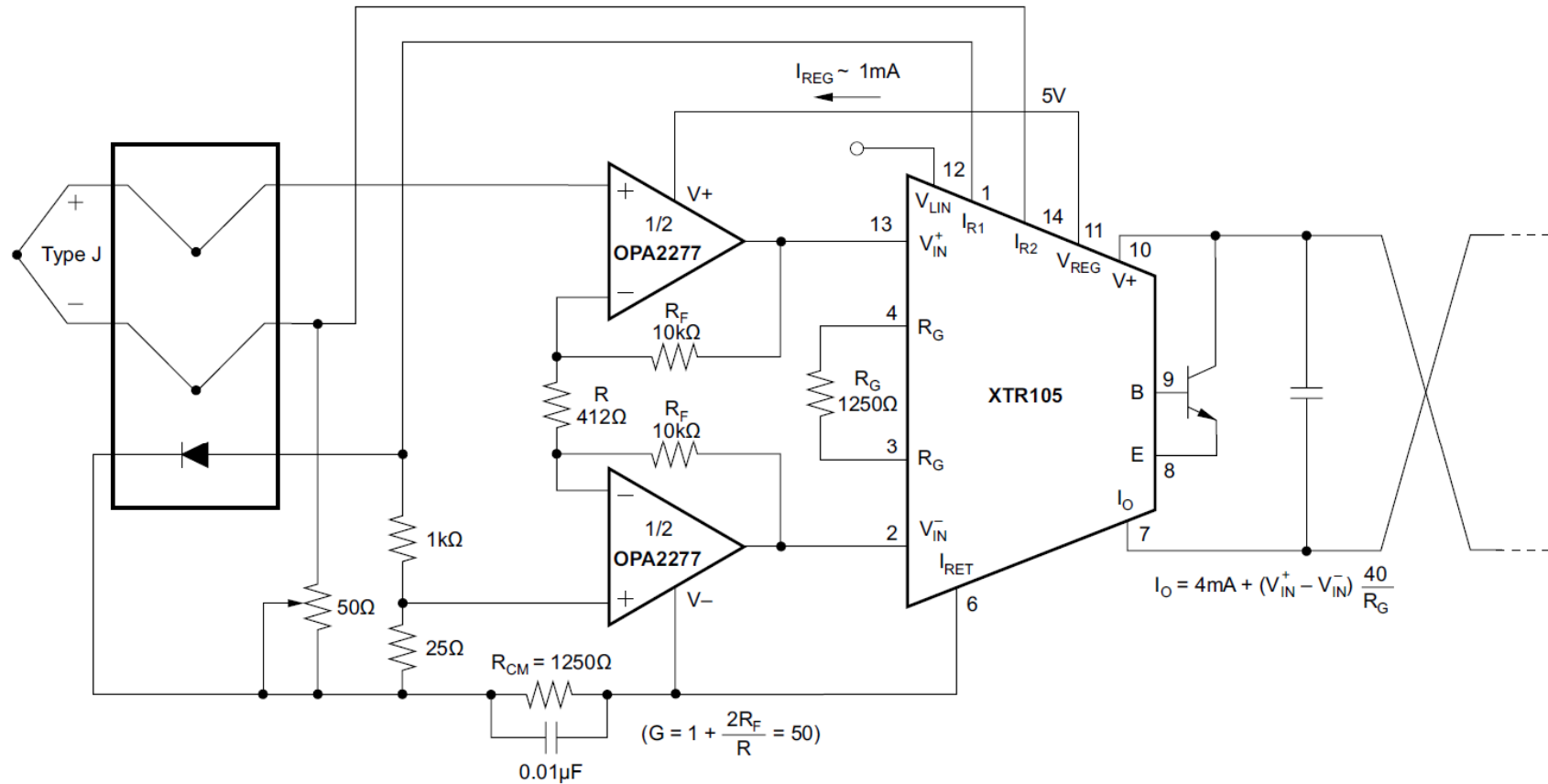
### Прецизен 4-20 mA преобразувател

- с тримерите се настройва: с  $50 \text{ k}\Omega$  - 4 mA, а с  $5 \text{ k}\Omega$  - 20 mA



## Електронни устройства за измерване и управление

- Схемотехника, пример:



**Thermocouple Low-Offset, Low-Drift Loop Measurement With Diode Cold Junction Compensation**

## Електронни устройства за измерване и управление

- **Теми за тестови въпроси:**

- Пожароопасни и взривоопасни среди, мерки за безопасност;
- Изисквания към ЕУ. Начини на работа в пожароопасни и взривоопасни среди;
- Как се осъществява връзката между опасната и обезопасената зона?;
- Бариери. Какво представляват и какви са изискванията към тях;
- Предаване на информация през бариерите. Интерфейси;
- Токовата връзка като промишлен стандарт, видове токова връзка;
- Принцип на работа, предимства;
- Изисквания към устройствата (преобразувателите) с токова връзка;
- Въпроси по примерна принципна схема за токов интерфейс;
- Въпроси по изискванията, параметрите, шумоустойчивостта и др.