

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Степените на повредите в устройствата с микропроцесорно управление са:

- 1) Моментна авария и самовъзстановяване.
- 2) Авария и възстановяване след прекъсване или начално установяване.
- 3) Авария, която изисква изключване и включване на захранването.
- 4) Дълговременна авария, възстановяване в специализирана лаборатория.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Голямата консумация (висока стойност на I_{DD}) на CMOS микроконтролер показва, че има входове, които са останали несвързани. Това предизвиква гейтовете и на двата транзистора (P-канален и N-канален) да плават около средата на захранващото напрежение. И двата транзистора са отпушени и веригата представлява съпротивление между U_{DD} и U_{SS} .

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

В този случай всеки шум в близост до този извод ще води до превключване на CMOS буфера. Всички следващи стъпала след него също ще превключват и това ще доведе до повишение на консумацията.

Ако превключването е с висока честота, ще се появи проникване към други модули на микроконтролера, което е възможно да доведе до повреда.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Общото правило е всички изводи, до които може да попаднат сигнали с висока честота да имат нискочестотни филтри или поне развързващ елемент.

Защитата против смущения на някои критични входове като RESET и IRQ е от важно значение за работата на микроконтролера в условия на смущения.

Специално входът за RESET не може да бъде оставен свободен защото микроконтролерът няма да работи.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Проблем може да възникне, ако входът за RESET е свързан към друга схема с дълга писта на печатната платка. Въпреки, че към тази линия е свързан резистор към захранването, тя може да привлече достатъчно енергия, която да промени нивото на входа и да причини нежелано начално установяване.

Поставянето на развързващи елементи в близост до тези входове (1-10nF) ще намали високочестотния шум и ще повиши устойчивостта.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Устойчивостта срещу смущения ще се повиши, ако се намали броя на входовете за заявка за прекъсване по фронт на сигнала. Ако заявките за прекъсване са само по ниво на сигнала, шумът на входовете за прекъсване няма да причинява нежелано действие. Ако това е невъзможно, непосредствено след получаване на заявката за прекъсване по фронта на сигнала да се провери програмно дали нивото е вярно.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Апаратно-програмен метод за повишаване на устойчивостта срещу смущения е използването на watchdog таймер. Неговата функция е да генерира RESET сигнал когато програмата излезе от зададения алгоритъм. Действието е съвместно между апаратна част и програмно осигуряване. През определени интервали от програмата се формира импулс, който рестартира watchdog таймера. При липса на такъв импулс апаратният таймер подава сигнал за начално установяване на микропроцесора.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Външен watchdog таймер работи независимо от микропроцесора. Обикновено съдържа апаратен таймер, който генерира RESET сигнал след изтичане на предварително зададеното време и не е получил от микропроцесора импулс за повторно стартиране. Този импулс се изработва от изходен порт на микропроцесора и трябва да е кратък.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Повечето съвременни микроконтролери притежават вграден watchdog таймер. При тях времевия интервал се задава със запис в определен регистър. Рестартирането на таймера се извършва чрез запис в друг регистър.

Ако използваният микроконтролер не притежава вграден watchdog таймер, подобни функции може да се реализират с използване на свободни канали на таймерния модул.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

По подходящ начин може да се използват функциите input capture или output compare. И в двата случая може да се генерира прекъсване. Неговият вектор трябва да съвпада с RESET вектора.

В първия случай външен сигнал се подава към входа на таймера и към друг входен извод на микропроцесора. Трябва да се следи нивото на обикновения вход. При нормална работа заявката за прекъсване се забранява преди постъпването на външния сигнал и се разрешава след това.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Във втория случай определено число, реализиращо искания времеви интервал се зарежда в регистъра на избрания канал. Преди изтичане на времевия интервал се проверява функционирането на програмата и се презарежда този регистър. В противен случай при достигане на зададения интервал се получава съвпадение между стойностите на брояча и на output compare регистъра, което води до изпълнение на процедура за RESET.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Оптималното разположение в програмата на моментите за възстановяване на watchdog таймера не е лесна задача и обикновено се изпълнява в края на разработването. Трябва да се изследва изпълнението на програмата, времената за обслужване на заявки за прекъсване и за изпълнение на подпрограми. В идеалния случай възстановяването на watchdog таймера се прави само веднъж, но това обикновено е трудно изпълнимо.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Стратегически възстановяването на watchdog таймера трябва да се изпълнява в главната програма и да се избягва това да става в подпрограми или в процедури за обработване на заявки за прекъсване. Трябва да се внимава честотата на опресняване да не е твърде висока или ще се намалят възможностите за възстановяване на нормалната работа на устройството.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

За диагностични цели и повишаване на устойчивостта срещу смущения може да се използват програми, които са разположени в свободното от управляващата програма пространство на програмната памет.

Най-лесно е свободното пространство да се запълни с кода на SWI (програмно прекъсване) и неговият вектор да съвпада с RESET вектора. Когато в следствие на смущение програмният брояч получи стойност от неизползваното пространство ще се изпълни начално установяване.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

Ако програмното прекъсване (SWI) се използва в програмата за други цели, може да се състави защитен софтуер, който да изпраща програмния брояч към адреса на процедурата за начално установяване.

В следващия пример се предлага код, с който да се запълни свободното пространство от програмната памет. Целта е да се достигне до инструкцията за преход към процедура за начално установяване.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

ORG \$3600

Unused_area:	9D	NOP	
	9D	NOP	
	CC 21 21	JMP	Known_place
	9D	NOP	
	9D	NOP	
	CC 21 21	JMP	Known_place
etc.		

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Апаратно-програмни мерки за повишаване на устойчивостта

ORG \$2121

Known_place: CC 01 00 JMP Reset_routine

Важният момент в този защитен софтуер е изборът на адреса Known_place. Двете негови цифри представляват кода на операцията BRN (branch never) за микроконтролера HC05. Това означава, че ако програмният брояч получи като стойност адрес, в който има записано числото \$21, няма да се изпълни нищо и ще се премине към адреса на следващата инструкция. Това ще продължава докато се достигне адреса на инструкцията за прехода.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Управление на MOS транзисторни ключове

Един сериозен източник на EMI емисии в схеми на силови електронни устройства е MOSFET мостовата ключова схема, работеща с висока честота. Модифицирането на управляващото напрежение на гейта на транзисторния ключ е възможност за намаляване на EMI. За настройката се изисква паралелно измерване на управляващото напрежение на гейта, изходния сигнал и излъчената радиация, както и техния спектър.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането
Управление на MOS транзисторни ключове

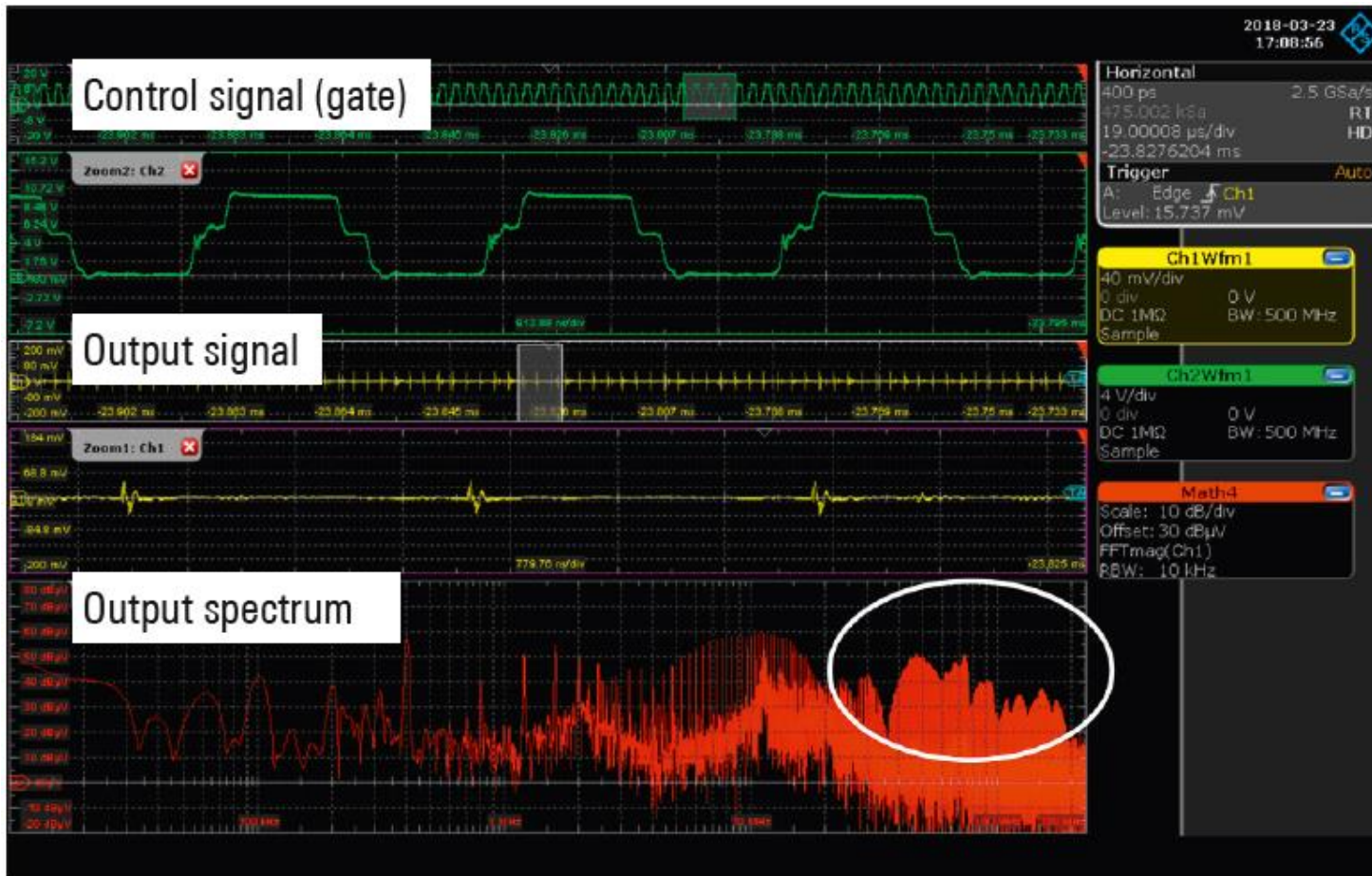


Управление на гейта
на MOS транзисторен
ключ с правоъгълни
импулси

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Управление на MOS транзисторни ключове



Управление на гейта на MOS транзисторен ключ с трапецовидни импулси

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Управление на MOS транзисторни ключове

Вижда се, че EMI на MOSFET ключа се намаляват значително чрез оптимизиране на управляващото напрежение на гейта.

За да се определи оптималното управляващо напрежение на гейта, допълнително параметрите трябва да бъдат анализирани. Загубите при превключване е важен критерий, който може да се увеличи с променените управляващи сигнали на гейта.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

Организирането на индикациите има пряко отношение към електромагнитната съвместимост на едно устройство. Предназначението на тези модули е такова, че изисква поставянето им на определено място, в някои случаи на отделна конзола. Те трудно се екранират (трябва да се виждат) и през прозорчето на индикатора могат да проникват и да се излъчват смущения. В някои случаи (динамични индикации) се превключват сравнително големи токове, което може да доведе до напрежителни отскоци в захранващите проводници.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

Различните типове индикатори имат характеристики, които представляват предимства или недостатъци според приложението. За конкретно устройство трябва да се преценят много фактори – видимост, работна температура, механична устойчивост, консумирана мощност, сложност на управлението и др.

Основните типове индикатори, които се използват масово към момента за промишлено и битово приложение са светодиодни (LED) и течнокристални (LCD).

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

След сравнение на техните показатели според горепосочените критерии може да се направи следния извод: За промишлени приложения са по-подходящи LED индикатори поради по-добрата видимост, докато LCD индикациите са по-удобни за бита – имат голямо разнообразие от знаци и символи. LCD имат също предимство при преносими уреди с батерийно хранване. Те се използват и в индустрията, най-често с допълнително осветяване. За рекламни цели, обслужване на спортни състезания и др. подобни се предпочитат LED индикаторите поради по-голямата им яркост.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

Статична LED индикация – предимства:

- лесно управление;
- по-малка стойност на тока при еднаква консумирана мощност.

Статична LED индикация – недостатъци:

- голям брой свързващи проводници.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

Динамична LED индикация – предимства:

- малък брой свързващи проводници.

Динамична LED индикация – недостатъци:

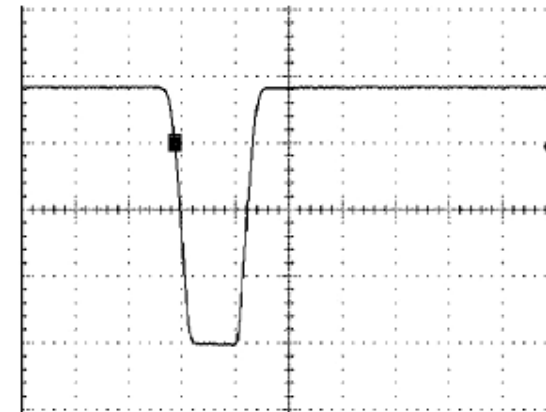
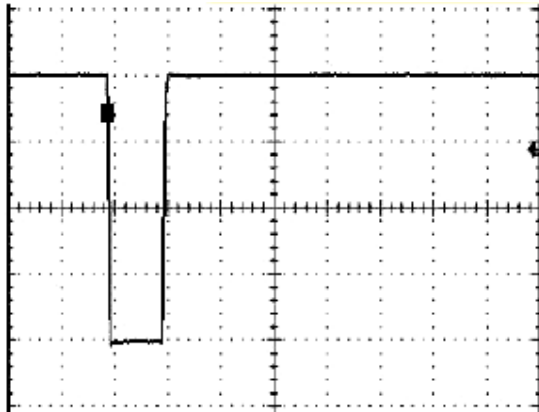
- по-трудно управление;
- по-голяма импулсна стойност на тока при еднаква консумирана мощност.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

Вторият недостатък на динамичната LED индикация може да предизвика проблеми по отношение на електромагнитната съвместимост. Има опасност от увеличаване на di/dt поради превключване на токове от порядъка на 0,5-1 А. Затова понякога се налага забавяне на фронтите на импулсите.



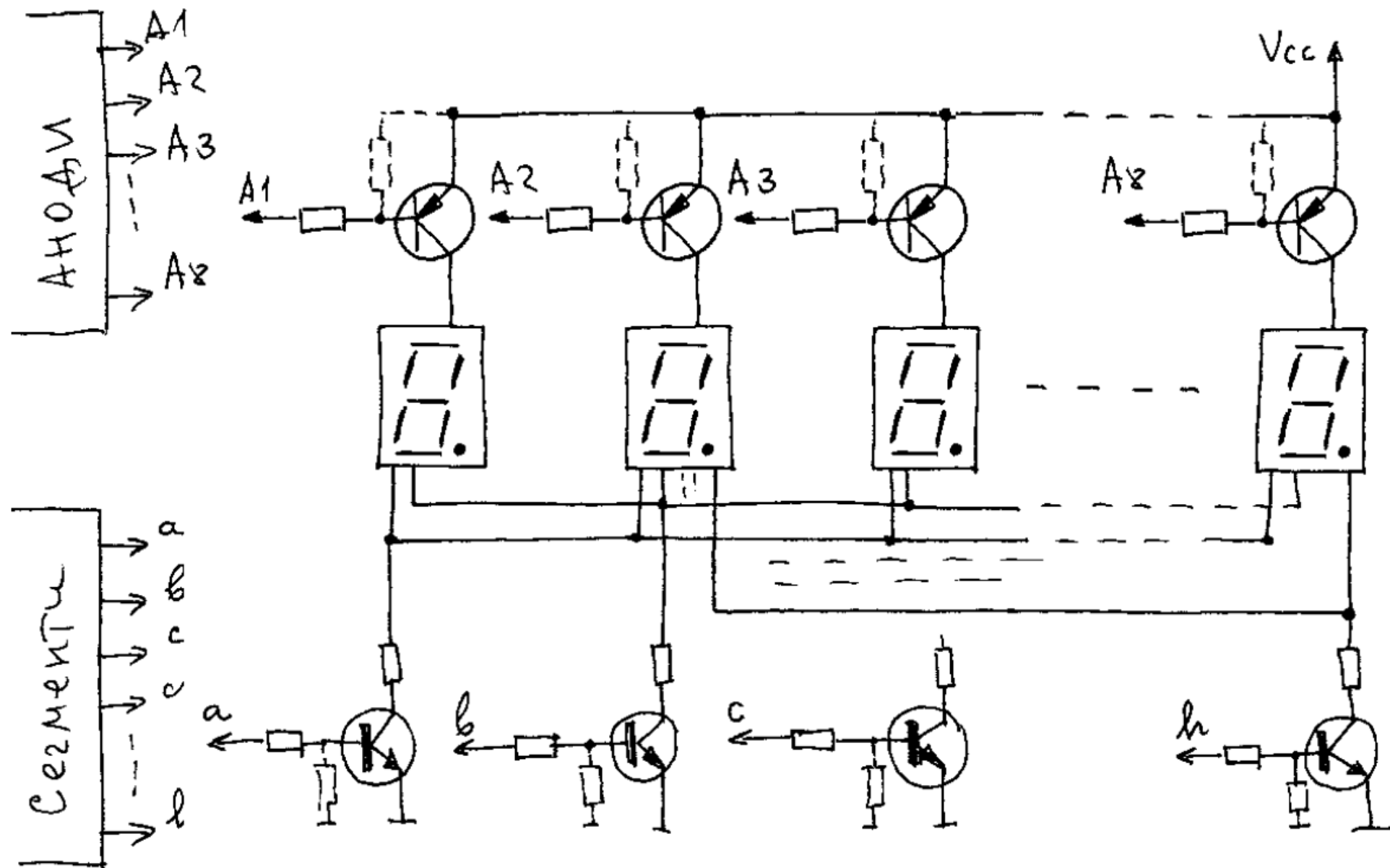
Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

При класическата схема на динамична LED индикация се използва стабилизираното захранване на цифровата част. Мощността, която трябва да се разсейва при мостов изправител и 7805 като стабилизатор е 3-5W. Това налага използването на радиатор. В същото време превключването на тока ще генерира отскоци на напрежението в захранващите писти, които ще повлияят на схемите, свързани към тях.

Електромагнитна съвместимост



Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

Ако обаче схемата се промени и транзисторите се използват като емитерни повторители, част от описаните по-горе проблеми са решени – разсейваната мощност се разпределя между осемте транзистора, не е нужен радиатор, транзисторите работят с голямо усилване по ток ($U_{CE}=3-5V$) и може да се използват маломощни транзистори. Токът на индикацията се консумира от електролитния кондензатор след изправителя и превключването му няма да генерира напрежителни отскоци в захранващите писти на цифровите схеми.

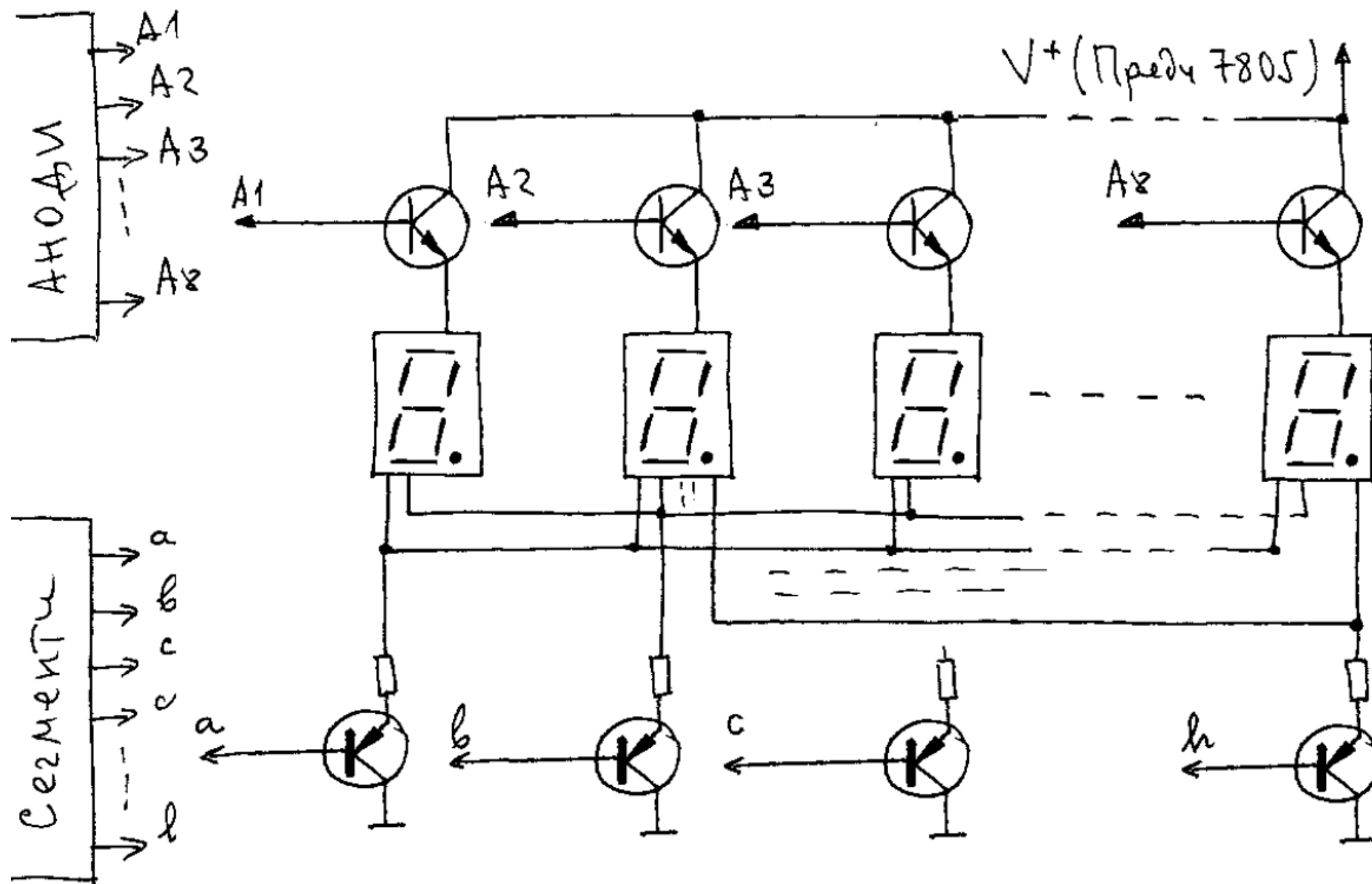
Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

Тази схема за управление на динамична светодиодна индикация има и някои специфични изисквания. Това най-вече се отнася до буферите които управляват анодите – тяхното изходно високо ниво трябва да е близко до V_{cc} (най-често 5V), а минималната стойност на изходната логическа 1 за TTL схемите е 2,4V). Изходният ток трябва да е 5-8 mA. Тези изисквания се удовлетворяват от всички съвременни фамилии CMOS схеми (НС/НСТ, АС/АСТ и др.).

Електромагнитна съвместимост



Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Организиране на индикации

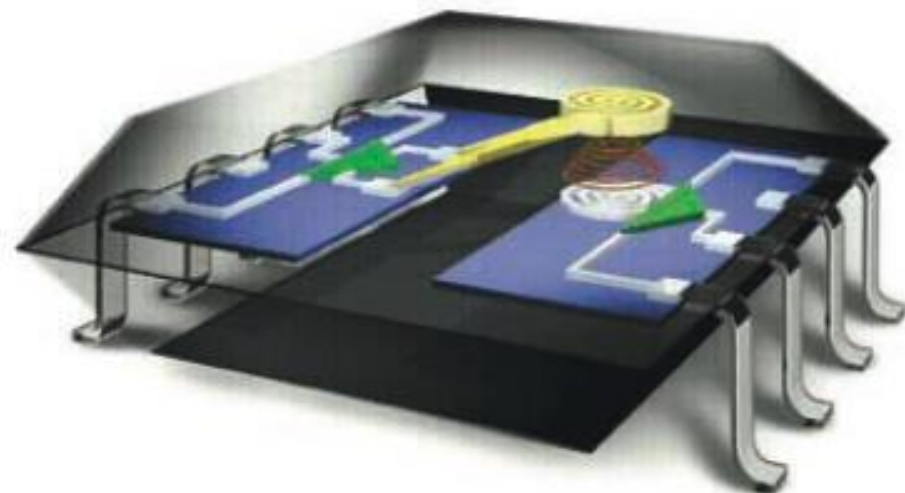
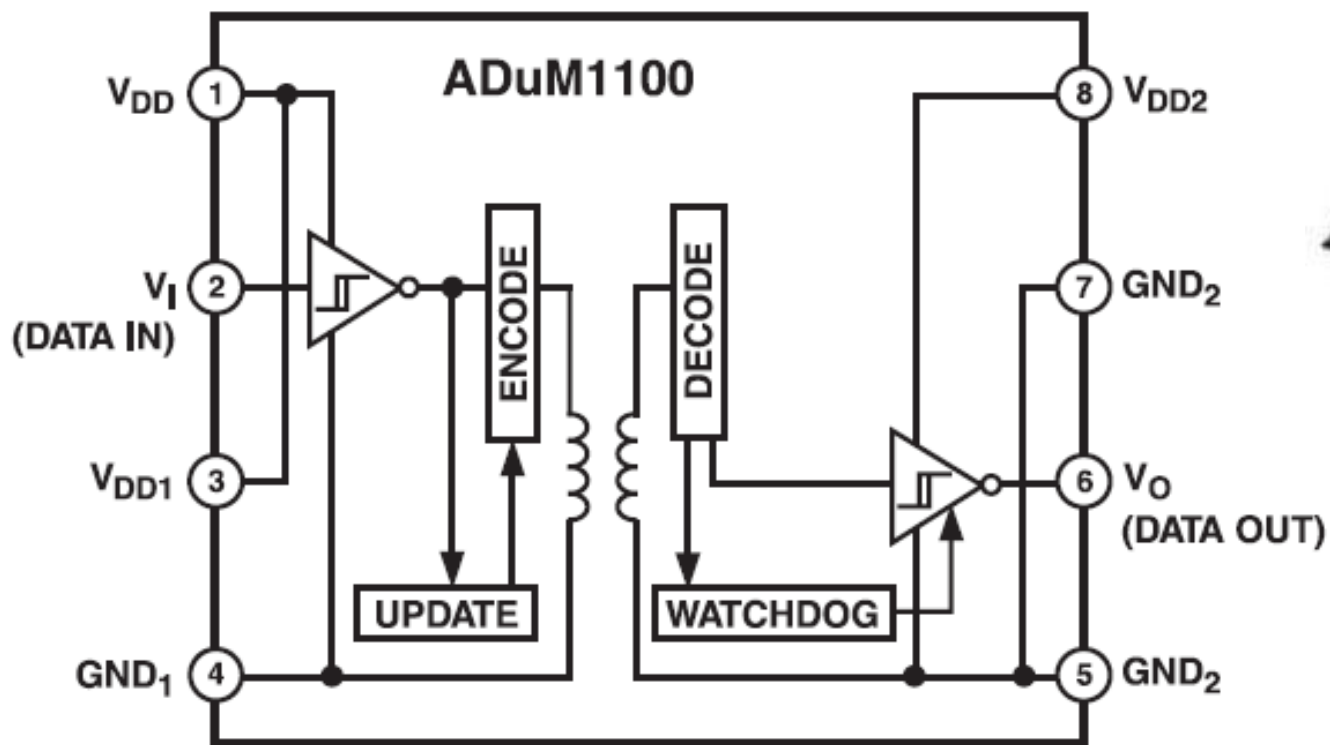
За управление на индикации се използват и специализирани интегрални схеми – PCF2111, HD44780 за LCD, и MAX7219/21 за LED индикатори.

Много фирми произвеждат специализирани микроконтролери за управление на индикации. Пример за това са PIC16C923 на Microchip и MSP430xxx на Texas Instruments. Освен това и други схеми са предвидени за директно управление на индикатори – схеми на часовници, волтметри и др. Такива са волтметрите ICL71x6 (за LCD) и ICL7107 (за LED).

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване



Цифрови изолатори –
Analog Devices

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

ADuM1100 се състои от две CMOS устройства, сглобени в общ корпус. Кодираните от предавателя цифрови входни сигнали се предават на две бобини с висок Q, разположени над матрицата на приемника. Приемникът съдържа стандартна CMOS схема, втора двойка бобини и изолираща бариера между горните и долните бобини. Преходите на входните логически сигнали се предават индуктивно от горните към долните бобини. Приемникът е свързан към долните бобини открива логическите преходи и осигурява възстановен сигнал на изхода.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

Двете намотки действат като импулсен трансформатор. Положителните и отрицателните логически преходи на входа формират тесни (2 ns) импулси, които се изпращат през трансформатора към декодера. Декодерът има тригерно действие и неговият изход се установява или нулира от тези импулси.

При липса на логически преходи на входа за повече от 2 μ s, се изпраща периодичен импулс с подходящия поляритет, за да се гарантира вярно постояннотоковото ниво на изхода. Ако декодерът не получи импулс за актуализация за повече от около 5 μ s, изходът се установява във високо ниво.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

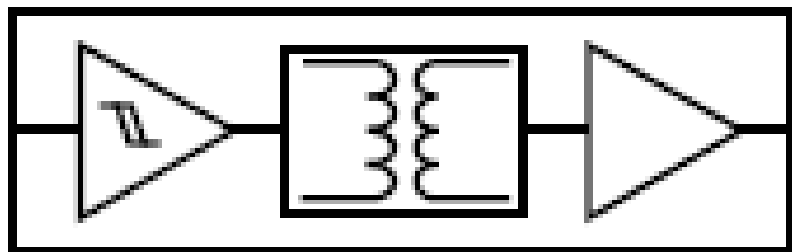
Този патентован подход за цифрова изолация предлага полезните изолационни свойства на оптроните, но същевременно осигурява съществени подобрения при скоростта на предаване на данни, устойчивостта на преходни процеси и достоверността на характеристиките на предадените сигнали. Освен това, в сравнение със съществуващите високопроизводителни оптрони, това се постига с по-ниска консумация на енергия и цена, и за по-широк диапазон на изменение на температурата и захранващото напрежение.

Електромагнитна съвместимост

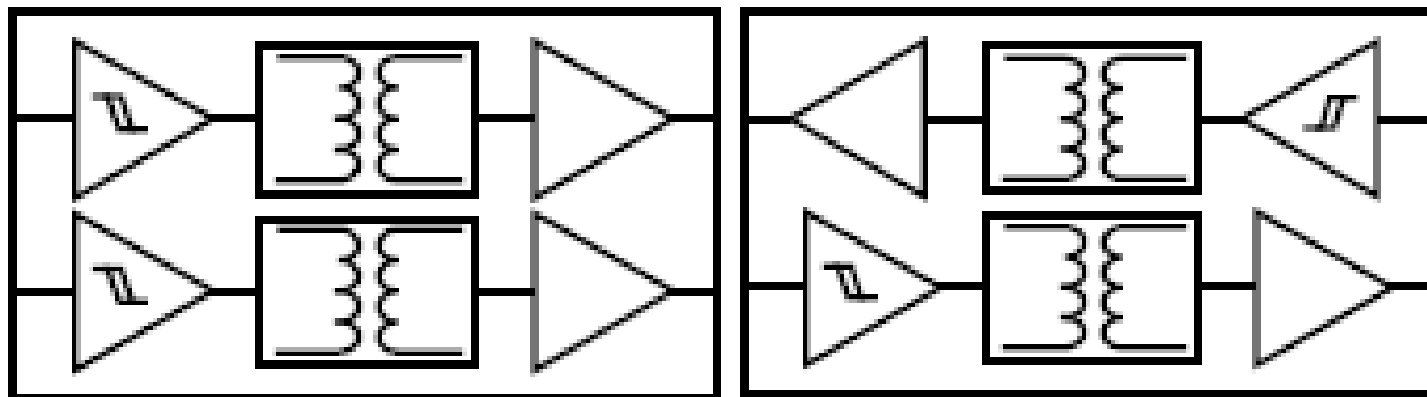
Съображения при проектирането

Галванично развързване

Произвеждат се в различни конфигурации, което предоставя гъвкави възможности на проектантите.



ADuM1100, ADuM3100



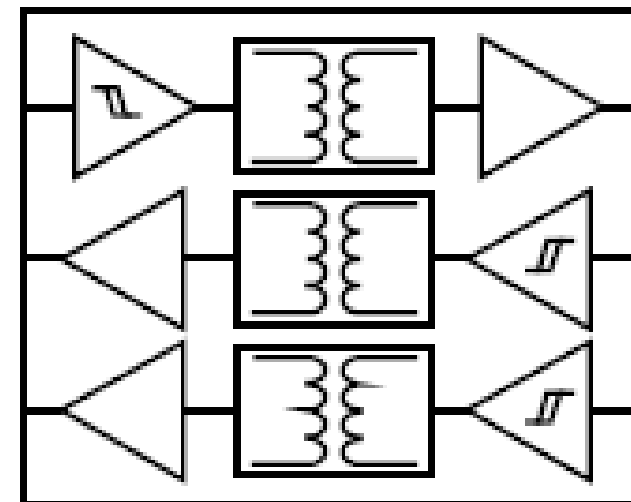
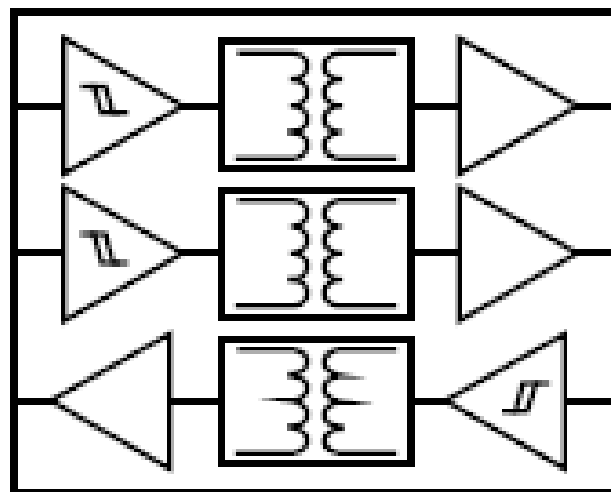
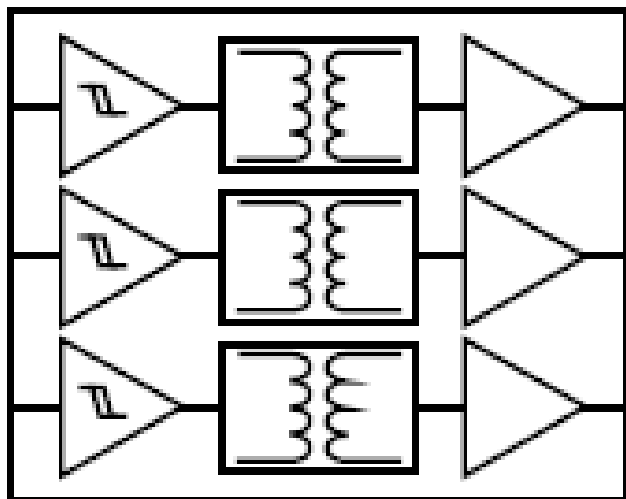
ADuM12xx, ADuM22xx, ADuM32xx

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

Произвеждат се в различни конфигурации, което предоставя гъвкави възможности на проектантите.



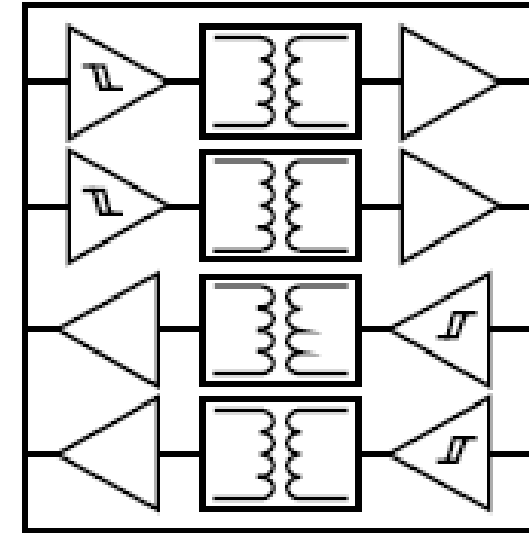
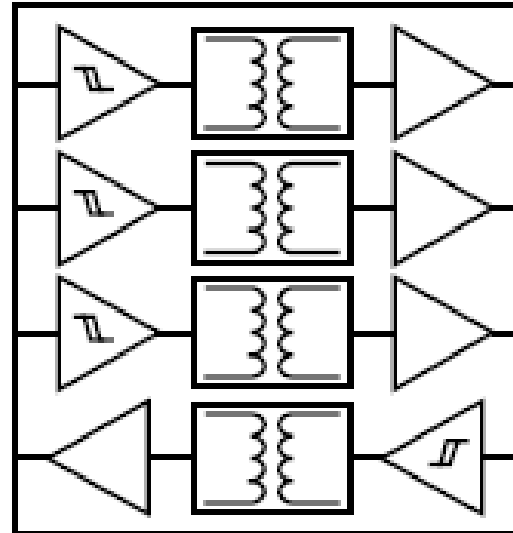
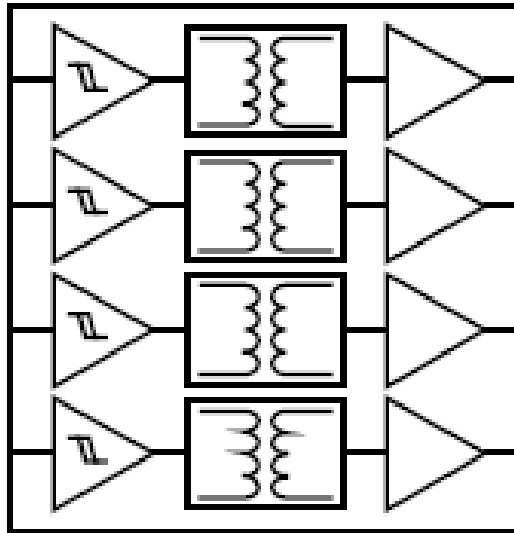
ADuM13xx, ADuM33xx

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

Произвеждат се в различни конфигурации, което предоставя гъвкави възможности на проектантите.



ADuM14xx, ADuM24xx, ADuM34xx, ADuM44xx, ADuM744x

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

Ефективност: 4 пъти подобрене в скоростта на предаване и спецификациите за синхронизация по време спрямо оптроните;

Интеграция: Големият брой изолирани канали, интегрирани с други функции, намаляват размера и разходите;

Консумация на енергия: Работят на нива до 90% по-ниски от оптроните;

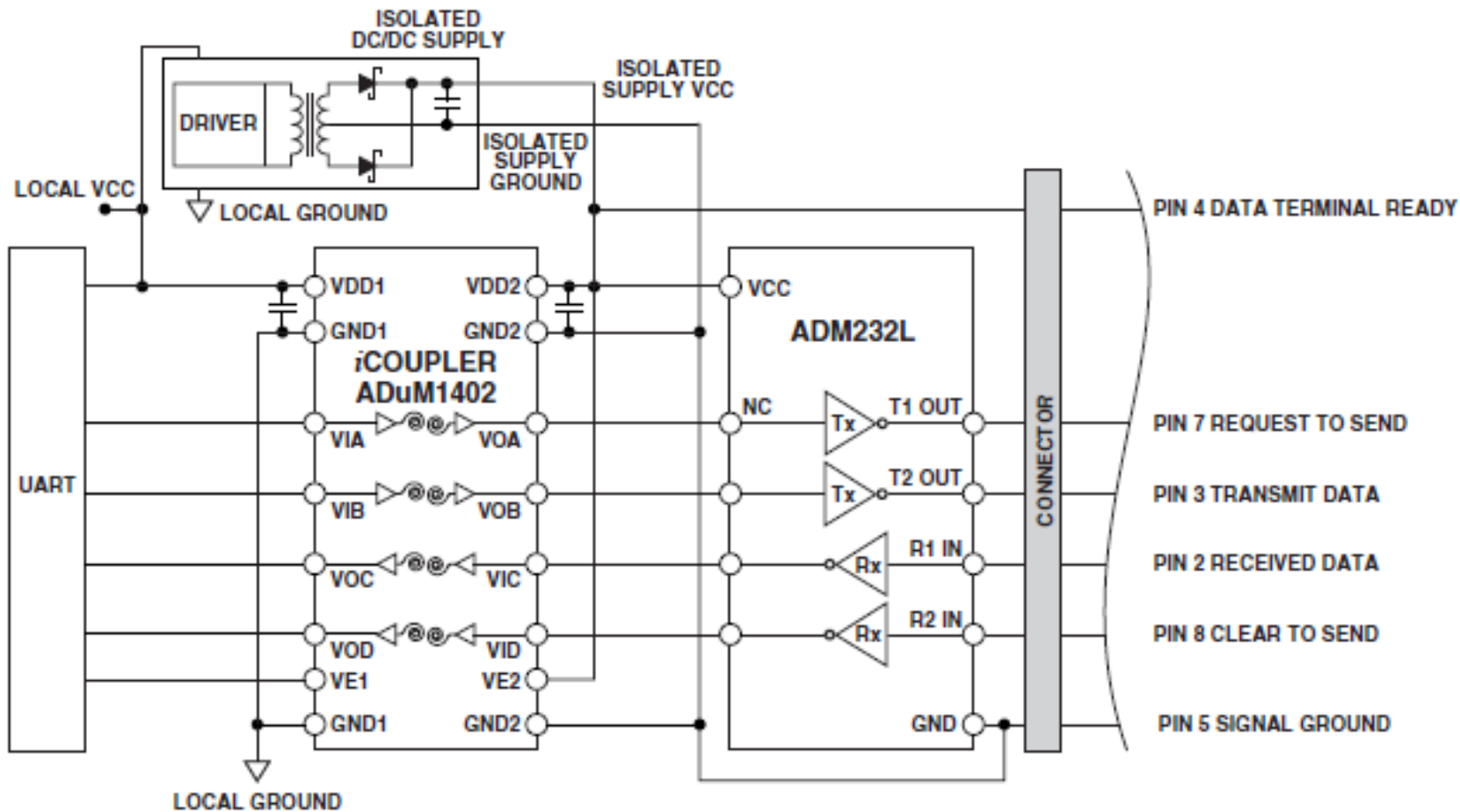
Лесна употреба: Стандартните цифрови CMOS интерфейси не изискват външни компоненти за свързване с други цифрови устройства;

Надеждност: Елиминират се светодиодите, използвани в оптроните.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

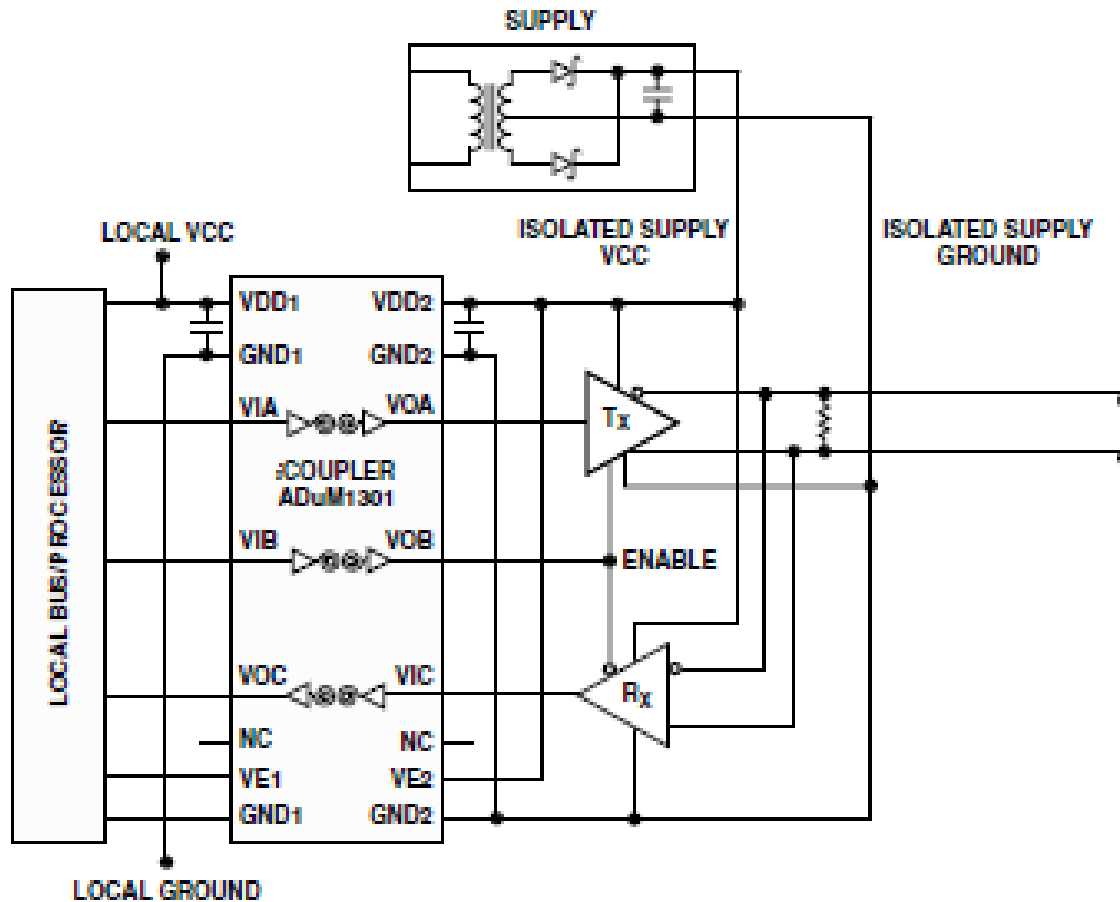


Галванична
изолация на
сериен интерфейс
RS 232

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

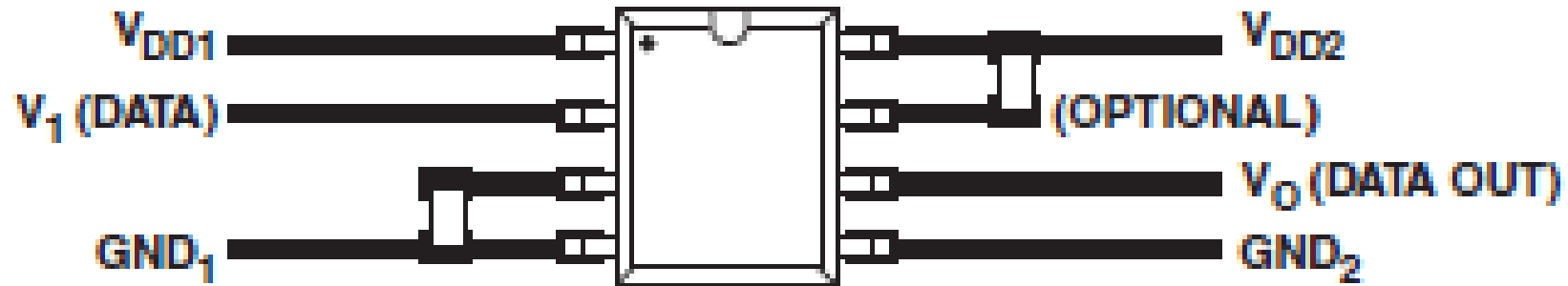


Галванична изолация на
сериен интерфейс RS 485

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

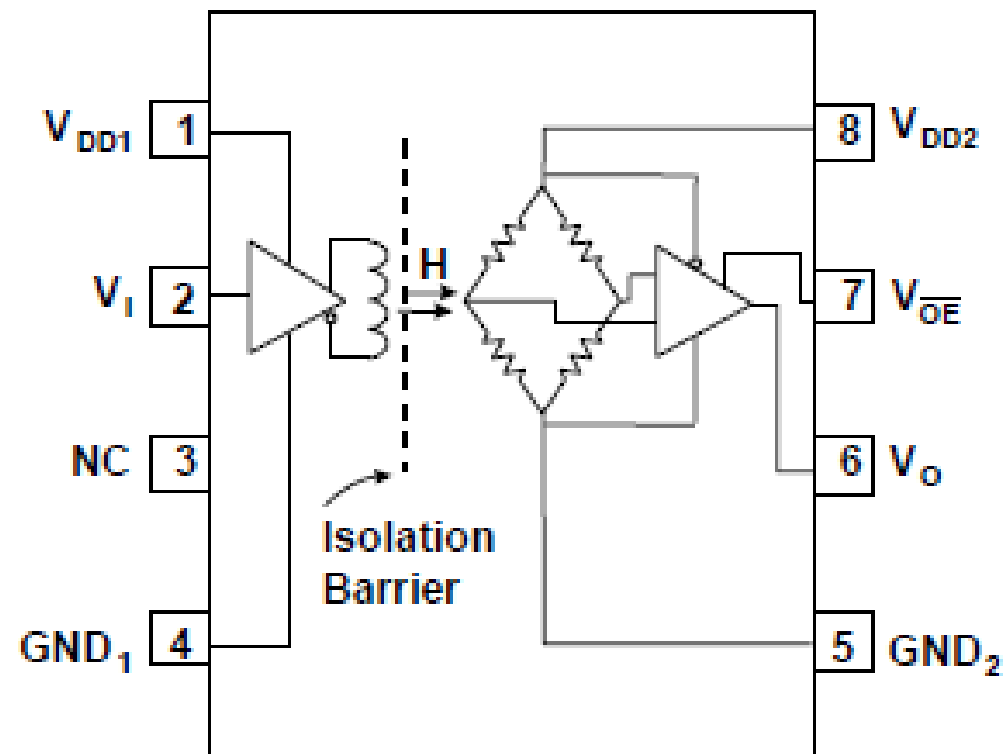
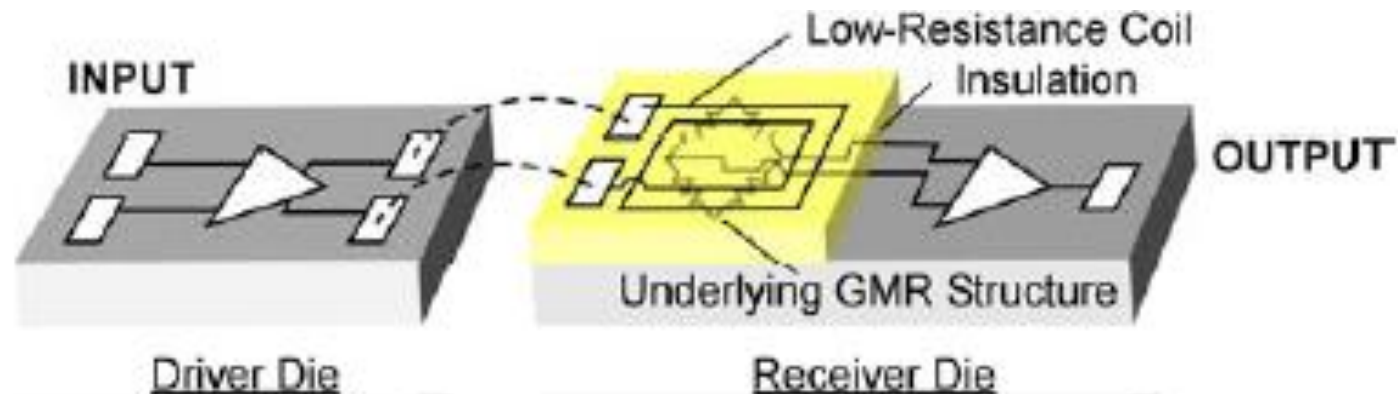


Развързващите кондензатори
са с капацитет от 10 до 100 nF

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване



Цифрови изолатори –
Agilent/NVE

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

Капацитивна изолация

Капацитивната изолация използва променящо се електрическо поле за предаване на информация през изолационната бариера. Материалът между кондензаторните плочи е диелектрик (SiO_2) и образува изолиращата бариера. Диелектричният материал, размерът и разстоянието между плочите определят електрическите свойства.

Предимствата са ефективността както при размерите, така и при трансфера на енергия, и устойчивост към магнитни полета.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Галванично развързване

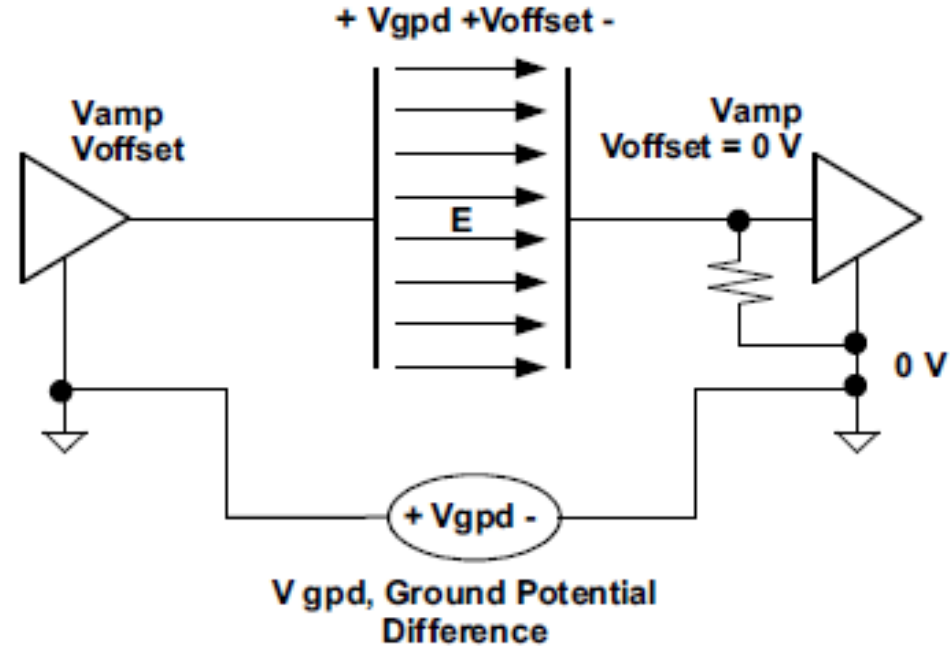
Капацитивна изолация

Недостатъкът е, че за разлика от индуктивната изолация няма диференциален сигнал и шумът и сигналът използват един и същ път на предаване. Това изисква честотите на сигнала да бъдат много над очакваната честота на шума, така че бариерният капацитет да има нисък импеданс за сигнала и висок импеданс за шума. Както при индуктивната изолация, капацитивната не може директно да се използва за постоянноточови сигнали и изисква кодиране.

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Капацитивна изолация

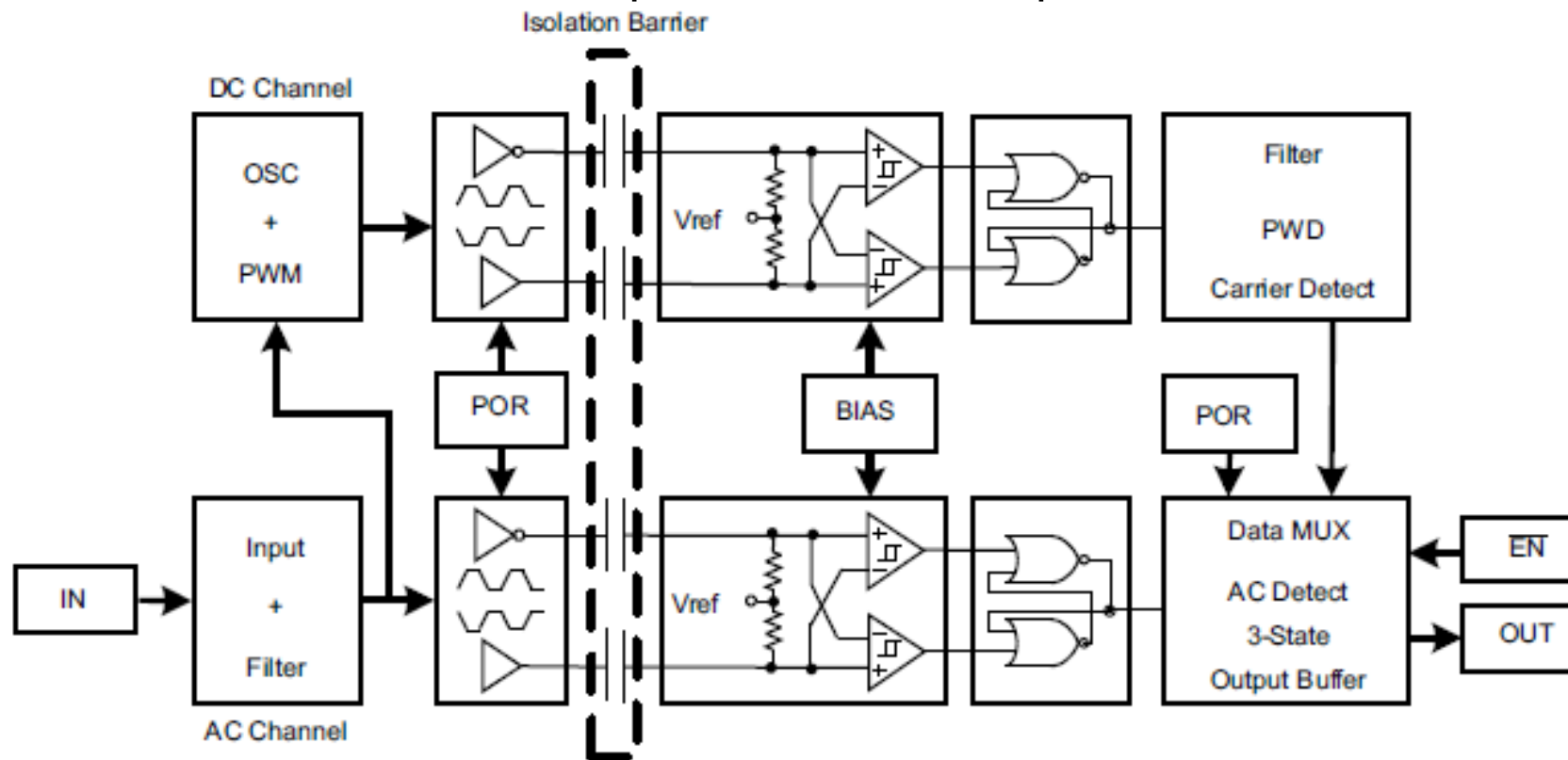


Капацитивни изолатори – Texas Instruments

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Капацитивна изолация

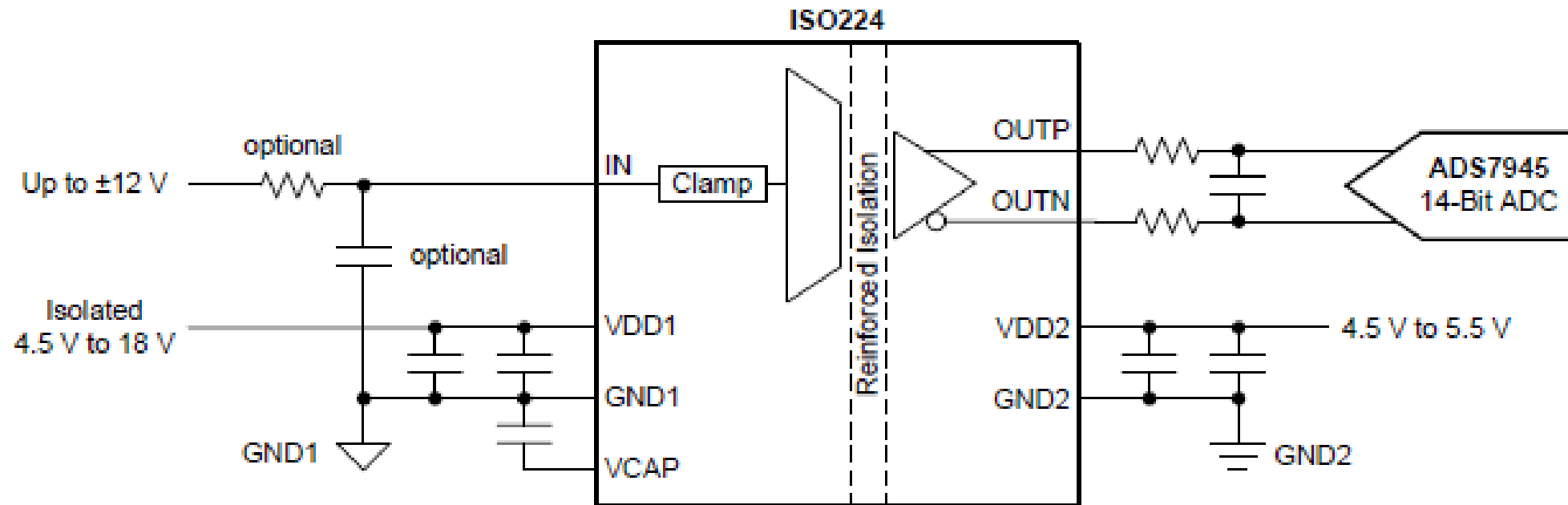


Блокова схема на капацитивни изолатори ISO72x и ISO72xM

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Капацитивна изолация

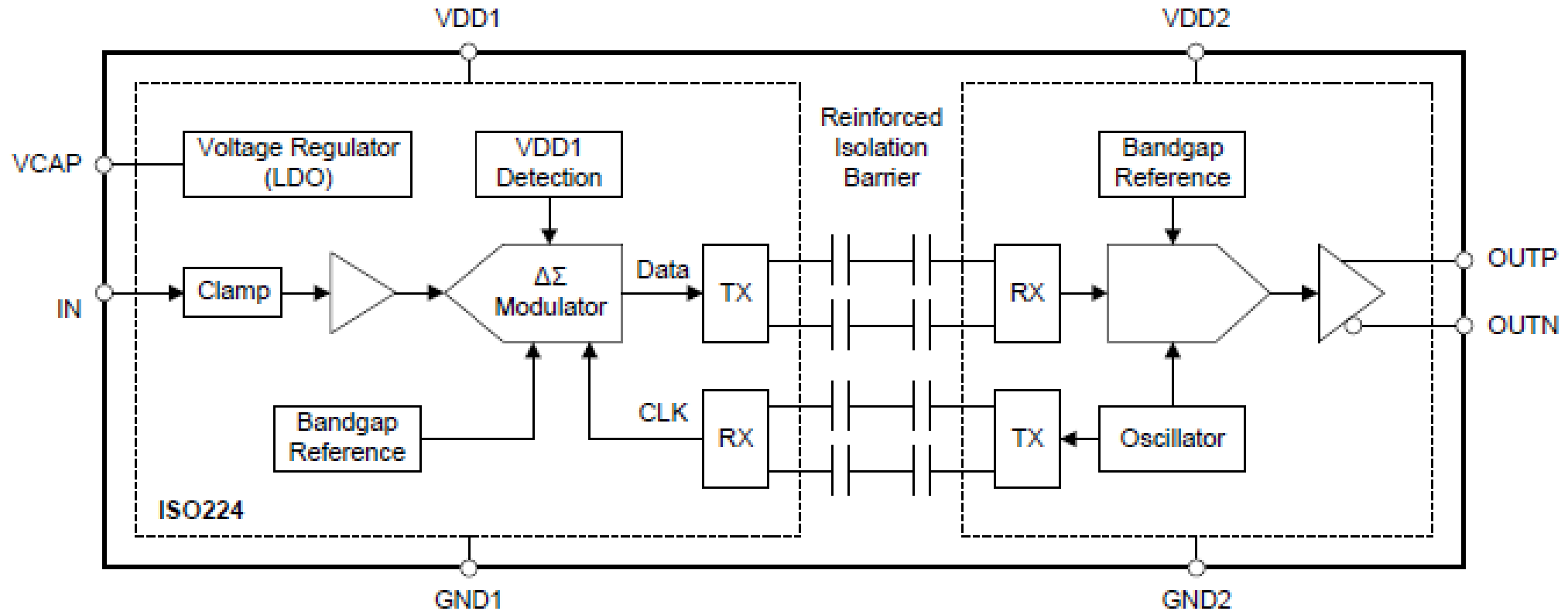


Блокова схема на изолиращ усилвател ISO224

Електромагнитна съвместимост

Съображения при проектирането

Капацитивна изолация



Функционална блокова схема на изолиращ усилвател ISO224

Електромагнитна съвместимост

Проектиране на печатни платки

Съображения при проектирането

Основни правила при конструиране на аналогови устройства

Конструирането на аналогови устройства изисква опит и анализ на всяка конкретна схема. Обикновено при тях сигналите са много по-малки и отделните стъпала са по-податливи на въздействие. Докато при цифровите схеми, ако смущението е по-малко от прага на превключване, няма промяна в изхода, при аналоговите и най-малкото смущение се добавя към полезния сигнал.

Общовалидните препоръки при проектирането на аналогови устройства са:

Електромагнитна съвместимост

Проектиране на печатни платки

Съображения при проектирането

Основни правила при конструиране на аналогови устройства

1. Захранването се подава стъпало след стъпало през филтри. За разлика от цифровите схеми тук е недопустимо да се подава захранване (особено маса) по няколко проводника.
2. При връзка между отделните стъпала е недопустимо да се получават затворени контури, т.е сигналът да може да мине по два пътя.

Електромагнитна съвместимост

Проектиране на печатни платки

Съображения при проектирането

Основни правила при конструиране на аналогови устройства

3. Елементите, свързани към общия проводник (нула, маса, земя) е добре да са свързани в една точка – в някои устройства в радиотехниката, където сигналите са в микроволтов обхват, дори се монтират в един отвор на платката.

4. При преминаване на сигнала от аналогова към цифрова част, общите (нулевите) проводници на двете части трябва да са свързани само в една точка. Това е най-добре да стане при АЦП, при невъзможност – в захранването. В този случай от изключителна важност е топологията на печатната платка.

Електромагнитна съвместимост

Проектиране на печатни платки

Съображения при проектирането

Основни правила при конструиране на аналогови устройства

5. Пистите, по които протичат импулсни токове не трябва да имат разклонения, а токът да се затваря само в работната верига. Такива са изправителите в захранващите блокове, светодиодните индикатори и др. По пътя от трансформатора през диодите до електролитния кондензатор не бива да има отклонения. Захранващото напрежение се взема директно от изводите на кондензатора с отделни писти.

Електромагнитна съвместимост

Проектиране на печатни платки

Съображения при проектирането

Основни правила при конструиране на аналогови устройства

Когато е възможно захранването трябва да е постояннотоково и да се предава по интерфейса, особено ако двете устройства са отдалечени на голямо разстояние. Това най-често се прилага при датчици и сензори. Пример за такова решение е токовата връзка 4-20 mA, която се е наложила като промишлен стандарт.

Електромагнитна съвместимост

Проектиране на печатни платки

Съображения при проектирането

Основни правила при конструиране на аналогови устройства

Обобщение на мерките за намаляване на електрическите смущения

- Използване на филтри в захранването;
- Предпочитане на ключови (импулсни) захранвания;
- Екраниране между първична и вторична страна;
- Екраниране на отделни модули или на целите уреди;
- Избор на подходящи интерфейси за връзка;
- Галванично развързване при предаване на информация.