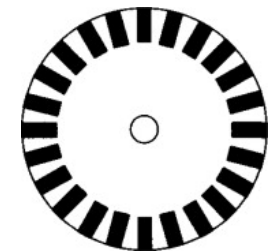
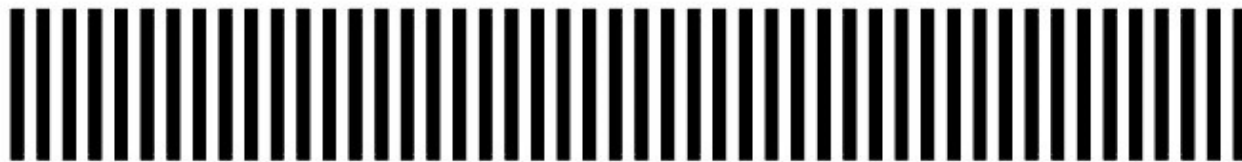


- **Електронни схеми за измерване и управление**

- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

Някои от методите за измерване на малки премествания са приложими както за линейно, така и за въртливо движение. Ако се ползва потенциометър, неговият тип ще определи дали ще се мери линейно или въртливо (например реохорд) преместване. Електронната част е еднаква.

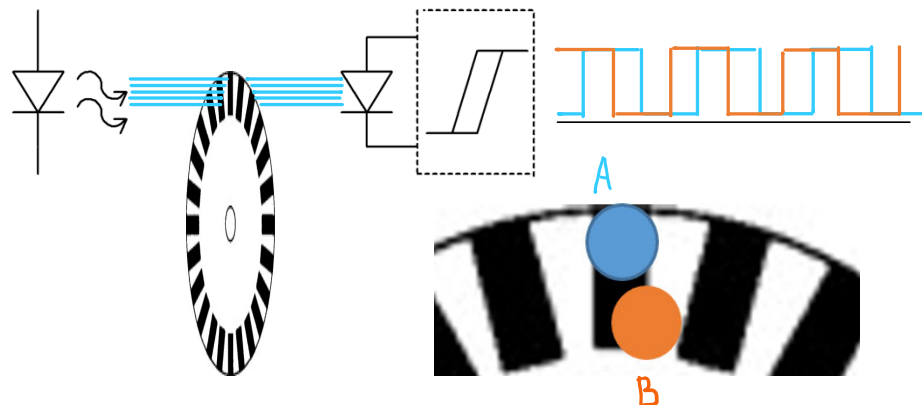
Един от методите се основава на преместването на растер от светли и тъмни ивици (прозрачни или непрозрачни) и броенето на импулси. Формирането на импулси може да е чрез отражение или пропускане на светлината. Формата на растера определя дали сензорът ще е линеен или ротационен.



Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

Светлинният поток преминава през растера, попада върху фотоприемника и



след формиране се получава показаният сигнал. По този начин може да се измерват обороти и преместване, но **без да се знае** посоката. Ако се добави **втори**

фотоприемник **B**, отместен на $\frac{1}{4}$ от стъпката на растера, ще се получи втори сигнал в квадратура спрямо първия. Така, при преход в единия сензор, нивото на другия ще определи посоката. Формата на сигнала от фотоприемника, като **функция на преместването** (завъртането), **преди формиране**, обикновено е между псевдо-синусоида и триъгълник, като това зависи от стъпката на растера и размера на фотоприемника. При малък фотоприемник – правоъгълни.

Електронни устройства за измерване и управление

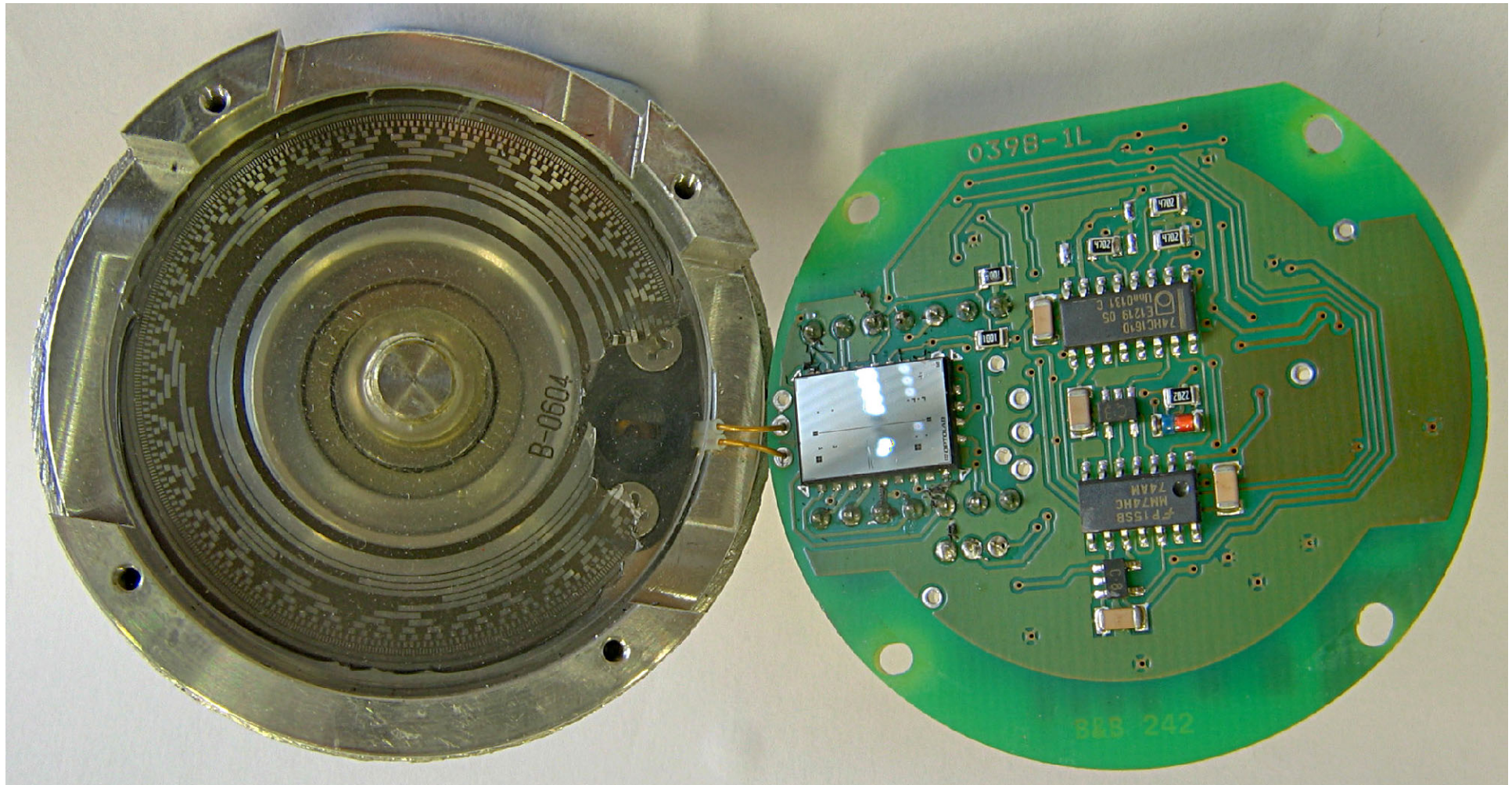
- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

Ако получените поредици А и В се подадат на реверсивен брояч, съответно на броячния вход и на входа за посока, показанието на брояча ще показва какво движение е извършено и на каква позиция е сензорът спрямо момента на нулиране на брояча (или включване на захранването). Този тип сензори се наричат **инкрементални**. Те показват нарастването (промяната) на позицията спрямо предишната. Друг тип сензори, които показват позицията на сензора спрямо избраната координатна система, се наричат **абсолютни**. При включване на захранването тези сензори „знаят“ къде се намират, докато инкременталните – не.

Пример за абсолютни оптически сензори са такива при които растерът е изработен като двоичен код. При четири ивици се получават 16 позиции.

Електронни устройства за измерване и управление

- Пример с 13-разряден оптически енкодер с код на Грей (Frank Gray в 1947г)



Електронни устройства за измерване и управление

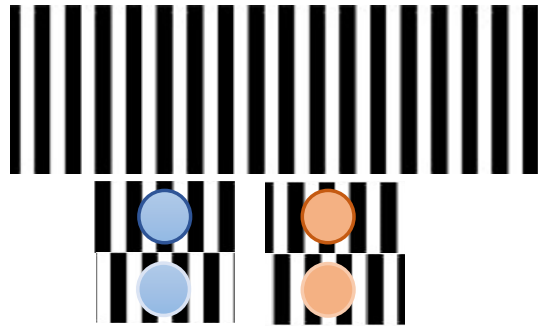
- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

В показаните примери разрешаващата способност на сензора зависи както от **стъпката** на растера, така и от **размера** на фотоприемника. Растерът може да се направи с много малка стъпка като ограниченията идват от дължината на вълната и дифракцията на светлината. Затова стъпката на растера обикновено е 10-20 μm . Фотоприемникът, обаче, не може да е толкова малък. За да няма ограничаване на разрешаващата способност от размерите на фотоприемника, да се намали влиянието на **дефектите по маската и фотоприемника**, пред него се поставя неподвижна маска със същия растер. Тогава фотоприемникът може да е много по-голям от стъпката на растера, а по-големите размери дават и по-голяма чувствителност. Втора маска, отместена на $\frac{1}{4}$ растер от първата се поставя пред фотоприемника формиращ поредица В. Маските се изработват **заедно и затова няма нужда от настройка**. Общо, маските са шест – по две за поредиците А, В и **С**.

Електронни устройства за измерване и управление

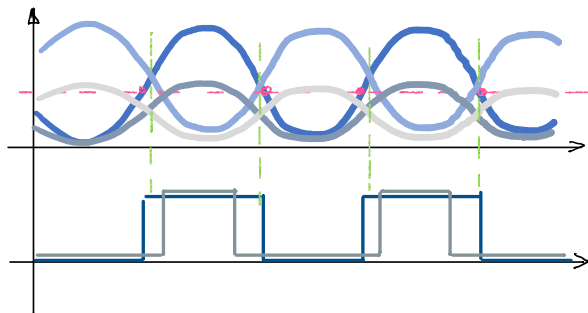
- Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)

Всяка поредица се формира не от един, а от **два фотоприемника**, защо? Светлината от източника променя интензивността си поради стареене, толеранс в захранването и др.



Променя се амплитудата на сигнала към компаратора, а от това и коефициентът на запълване.

Ако на другия вход на компаратора се подаде **не постоянно** напрежение, а сигнал от друг фотоприемник, формиран при същите условия, но в противофаза...?



Повечето оптически сензори за преместване, имат три изхода А, В и **С**. Третият, С, служи за синхронизиране на позицията. За кръговите сензори на всяко завъртане се формира един "С" импулс, а на линейните през определен брой ивици (1000). "С" изходът формира сигнал по същия начин както А и В.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

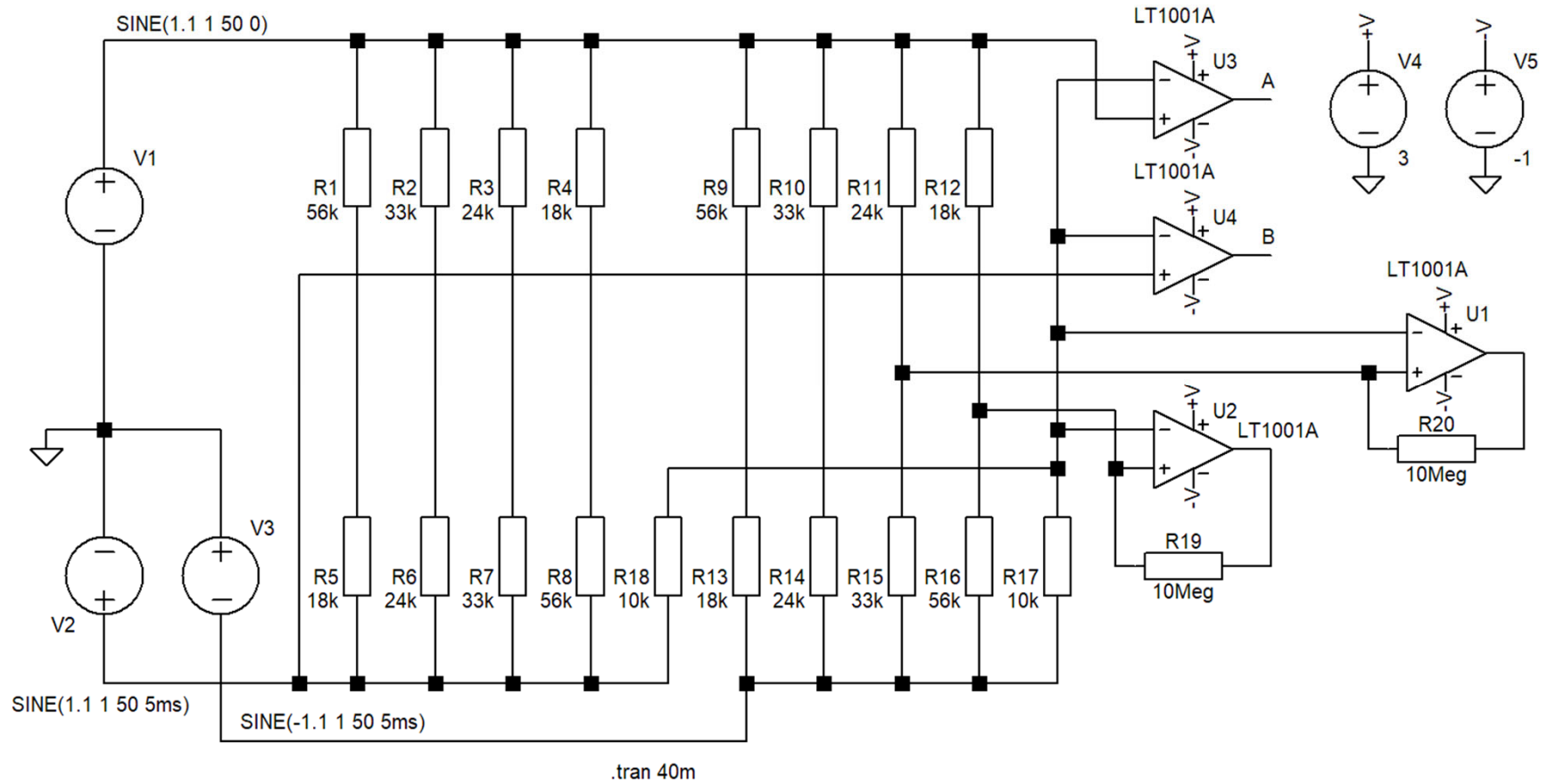
При качествени растери **изходният сигнал от фотоприемниците** може да използва за увеличаване на разрешаващата способност. Ако стъпката на растера е 20 μm , се получава по 10 μm прозрачна и непрозрачна част. Втората поредица е отместена на $\frac{1}{4}$ т.е. на 5 μm . Ако на всеки преход на поредиците А и В се отчита преместване, се получава разрешаваща способност 5 μm . Това става при **качествен растер и прецизна електроника**. Формата на сигнала е **подобна** на синусоида и ако се обработи, може допълнително да увеличи разрешаващата способност. С подходящо подобрени компаратори се достига стъпка 1 μm .

На следващата схема е показан един вариант на решение. Използвани са директно изходите от фотоприемниците А, -А и В (**„синусоиди“**). В резултат, при подходящо подобрени резистори, се получава отчитане на 1 μm . От логическите сигнали (след формиране) трябва да се получат нови А* и В* поредици през 1 μm . А, В и С си остават на куплунга.

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)

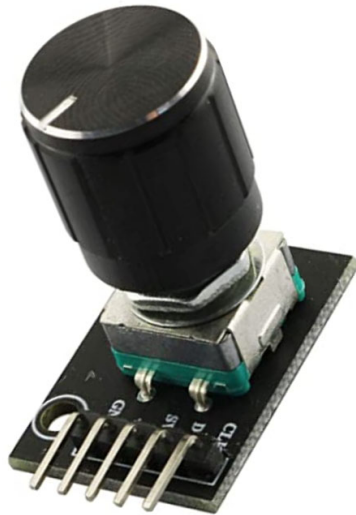
На схемата са показани само два от компараторите (U1, U2) за 1 μm .



Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

В практиката устройствата за измерване на линейни и въртеливи движения (премествания) се наричат **енкодери** или **пулскодери**. Обикновено изходният сигнал са три поредици А, В и С. В индустрията, за шумоустойчивост, се използват **диференциални интерфейси (RS-485, RS-422)** затова всеки от сигналите има и инверсен - А, - В и - С.



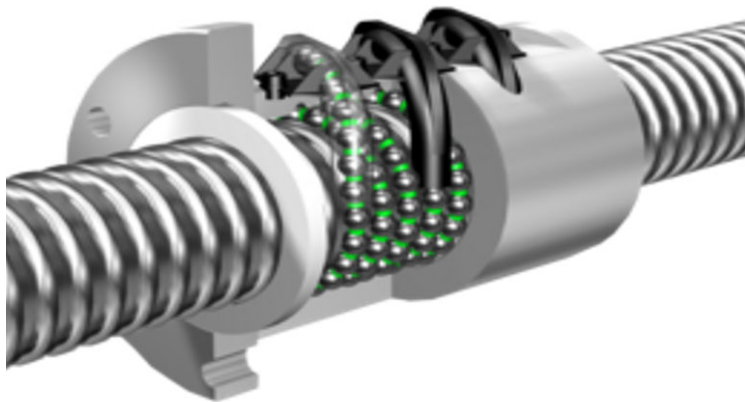
Има енкодери които работят, освен с оптически и с други сензори. Пример за това са копчетата за смяна на обхватите на осцилоскопите, за задаване на режими (меню) в битовата електроника и много други.

Те са оформени като превключватели или потенциометри, но всъщност са ротационни енкодери с по няколко позиции на оборот. Поредиците А и В се задават с механични контакти. Има 3 извода – А, В и общ. Обикновено има още два извода – ключ за натиснат бутон.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

Когато трябва да се задават (или измерват) **големи линейни** премествания е много скъпо и трудно да се направят енкодери за 2, 3 и повече метра с разрешаваща способност няколко микрона, а с такива размери са работните маси на повечето металообработващи машини. Тогава се ползват ротационни енкодери и въртенето се преобразува в линейно преместване. Това става с винт и гайка – двигателят върти винта (и енкодера), а гайката се премества. Точността на позициониране зависи от точността на енкодера и от **качеството**



на механиката. За такива цели като винт и гайка се ползват съчмено-винтови двойки. Разрешаващата способност се определя от импулсите на енкодера и стъпката на винта за един оборот.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

Някои микроконтролери имат **специализиран вход** за обработка на поредиците А, В, С **Quadrature Encoder Interface (QEI)**. Обработката е схемна (хардуерна) защото програмно не може да се обработят поредици с висока честота – при високи скорости или обороти на машините се получават повече от 100 kHz (2,5μs за регистриране на нова позиция).

Абсолютни енкодери с инкрементални сензори. Абсолютните сензори са по-сложни, скъпи и с по-малка разрешаваща способност. Проблем при сензорите на инкрементален принцип е, „че не си знаят“ началото. Съвременната електроника позволява в енкодера с инкрементален сензор, при спиране на захранването, да се помни текущата позиция и дори без захранване, да се отчита движение.

По-подробно измервателните преобразуватели на преместване се разглеждат в курса от 8-ми семестър по **АВТОМАТИЗИРАНО УПРАВЛЕНИЕ В ИНДУСТРИЯТА.**

Електронни устройства за измерване и управление

• Теми за тестови въпроси:

- Кои методи (сензори) може да се ползват както за линейни така и за въртеливи движения?
- Принцип на работа на растерните сензори за малки премествания“. Видове. Описание;
- Каква е разликата между инкрементален и абсолютен сензор?
- Как се определя посоката на движение (въртене) при инкременталните сензори?
- Какво е „код на Грей“? Кога (защо) се използва код на Грей?
- Защо се ползват по две маски за формиране на всяка от поредиците А, В и С?
- Как при стъпка на растера 20 μm се получава разрешаваща способност 1 μm ?
- Как се измерват големи премествания (1-5m) с разрешаваща способност 1-10 μm ?

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)**

Резолвери. Използват се за измерване на ъгъл на завъртане. Абсолютната позиция се измерва в границите на 360° . За измерване на по-големи ъгли работят като инкрементални преобразуватели. Резолверът се нарича още и „Въртящ трансформатор“.

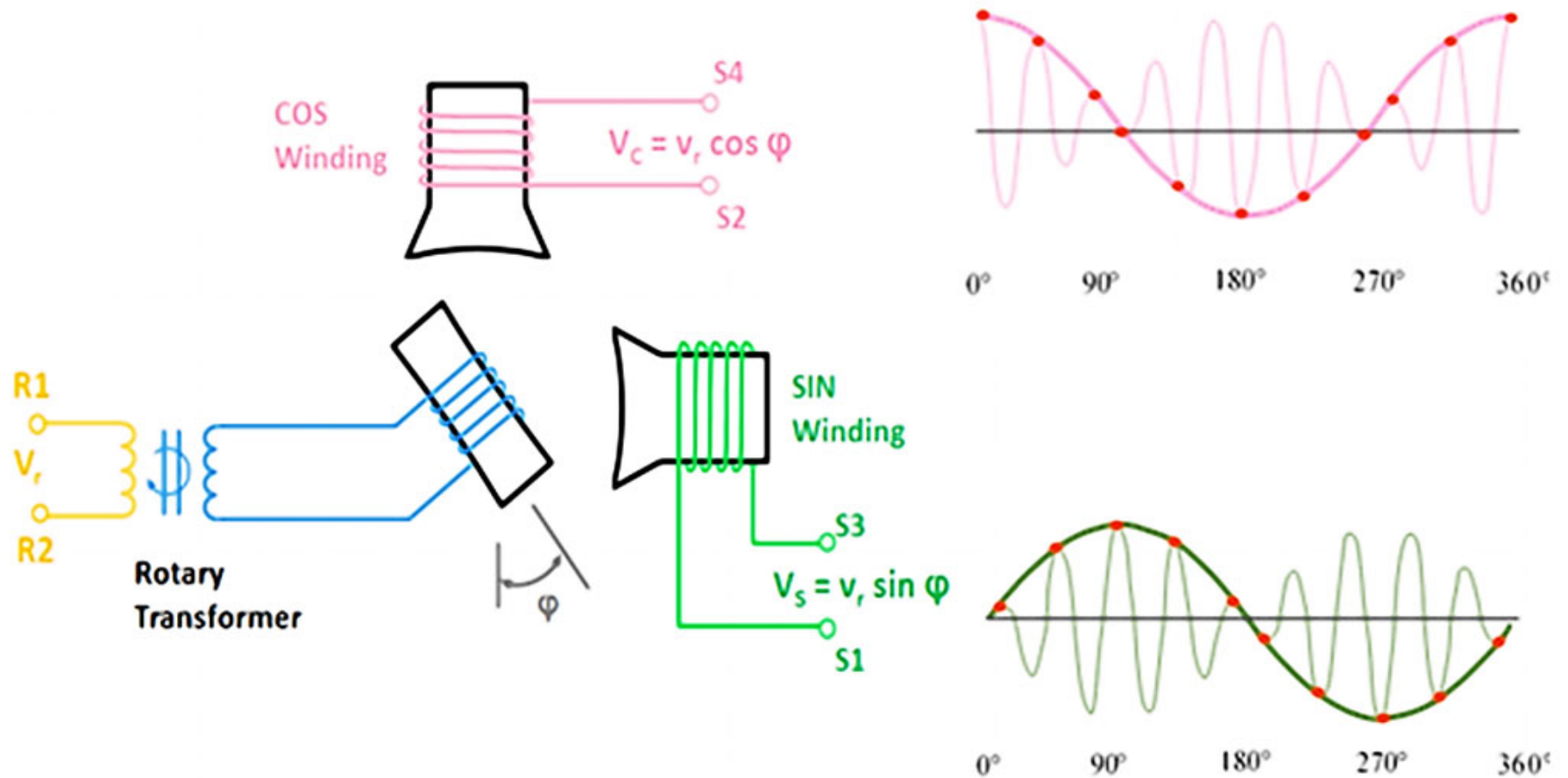
Понякога се налага част от устройство да се върти спрямо останалата част – например разположено на колелото на автомобил. Тогава, за захранване се използва въртящ се трансформатор.

Въртящ се трансформатор използван за предаване на енергия не е резолвер!!!

Резолверите са трансформатори които имат една въртяща се намотка (роторна) и две неподвижни (статорни). В зависимост от ъгъла на завъртане на ротора φ , се променя и коефициентът на трансформация – по синусоидален закон, като в едната намотка по $\sin\varphi$, а в другата по $\cos\varphi$. Това се получава от конструкцията (90°).

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на линейни и въртеливи движения (премествания)



Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

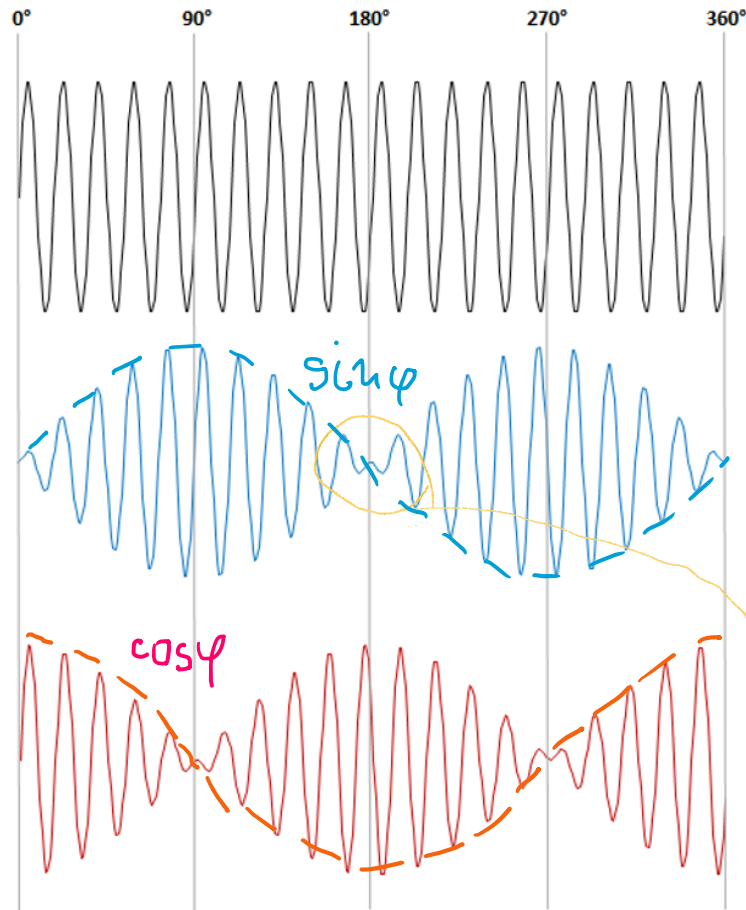
В зависимост от целите на измерването има различни начини на захранване на резолвера. Подробно това ще се изучава в 8-ми семестър.

Тук се разглежда вариант при който се захранва роторната намотка и се измерват напреженията в статорните. Честотата на захранващия сигнал трябва да е по-висока от ъгловата честота която би се получила при въртенето на ротора.

Със сигнала който се подава на роторната намотка се измерва коефициентът на трансформация (функция на φ), а така се измерва и ъгъл φ . Амплитудата на индуцирания сигнал в двете намотки е U_{\sin} и U_{\cos} , и се променя от φ . Подаденото на роторната намотка напрежение е $U_r = U_A \cdot \sin(\omega t)$, където ω ($2\pi f$) е честотата на генератора. Така $U_{\sin} = U_r \cdot \sin\varphi$, $U_{\cos} = U_r \cdot \cos\varphi$, а φ е ъгълът между ротора и статора на резолвера. U_r , U_{\sin} и U_{\cos} са показани на фигурата.

Електронни устройства за измерване и управление

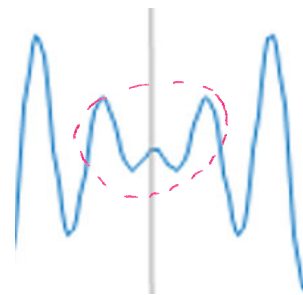
• Измерване на ъгли и обороти



Графиките **не са съвсем точни**, но е показан принципът на работа. По X координата са и времето и ъгълът, а **те са независими**.

Графиката ще е вярна само когато роторът се върти и прави едно завъртане за 20 периода на честотата на генератора. При въртене на ротора се променя амплитудата, а при нулата се сменя фазата. Ако сигналите от U_{\sin} и U_{\cos}

се подадат на **синхронен изправител** ще се получи \sin и \cos на ъгъла. Тези два сигнала са функция на φ .



Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

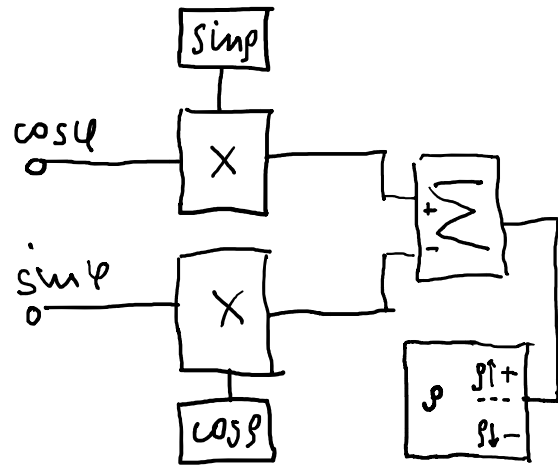
Ако измерим сигналите може да изчислим ъгъла, но това ще **изисква голям ресурс** от микроконтролера, особено когато оборотите на ротора са високи. При изчисленията трябва да се нормализират сигналите, като се измери напрежението което съответства на $\sin 90^\circ$ (**sin и cos са в границите ± 1 и са със знак**).

Ще разгледаме друг начин на измерване – чрез уравнивяване. Неизвестната величина се компенсира с аналогична, докато се получи уравнивяване. Подобни методи се използват при мостовите схеми. Ще уравнивяваме ъгли. Уравнението

$\sin(\alpha - \beta) = \sin\alpha \cdot \cos\beta - \cos\alpha \cdot \sin\beta$ е известно от тригонометрията и се вижда, че $\sin(\alpha - \beta) = 0$ когато $\alpha = \beta$. По този начин, променяйки β , може да измерим α . Трябва в уреда да умножим сигналите от резолвера по $\cos\beta$ и $\sin\beta$ и да ги извадим.

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти



Напреженията получени **след изправяне** и които съответстват на \sin и \cos на ъгъла между ротора и статора на резолвера φ , ще умножим по \cos и \sin на ъгъл ρ с който ще уравниваме. Изваждаме двете произведения и ако резултатът не е нула ще променяме ρ докато стане нула.

Ако φ се промени, ρ ще го следва. Бързодействието е високо и се определя от синхронните изправители с които се формират сигналите от резолвера.

От какъв вид е структурната схема – статична или астатична?

Задачата при проектиране на схемата е умножение, получаване на $\sin \rho$ от ρ и ...

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Ъгълът ρ с който компенсирате може да бъде и в аналогов вид – напрежение.

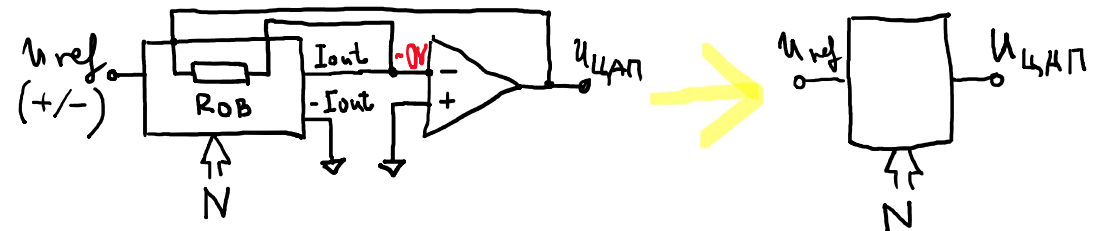
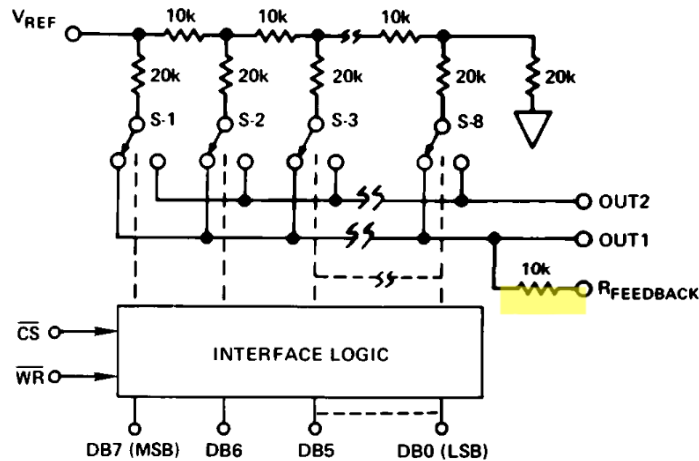
Трудности – преобразуване на аналогова величина в $\sin\rho$, аналогово умножение и др. И накрая аналоговата величина ρ трябва да се измери и подаде за индикация и обработка, т.е. пак в цифров вид. . .

Ако ρ е в цифров вид стойността директно ще се предава към следващите блокове на системата за измерване и позициониране, по-лесно се получава $\sin\rho$, умножението на цифрова по аналогова величина е по-точно.

За умножение се ползват специална група ЦАП (умножителни). Всъщност всички ЦАП са умножителни защото $U_{\text{цап}} = U_{\text{ref}} \cdot N / 2^n$, т.е. опорното U_{ref} се умножава по числото N записано в регистъра на ЦАП. За тези с напрежителен изход, обаче, U_{ref} трябва да е положително, а при **умножителните ЦАП може да е и двуполярно.**

Електронни устройства за измерване и управление

• Измерване на ъгли и обороти

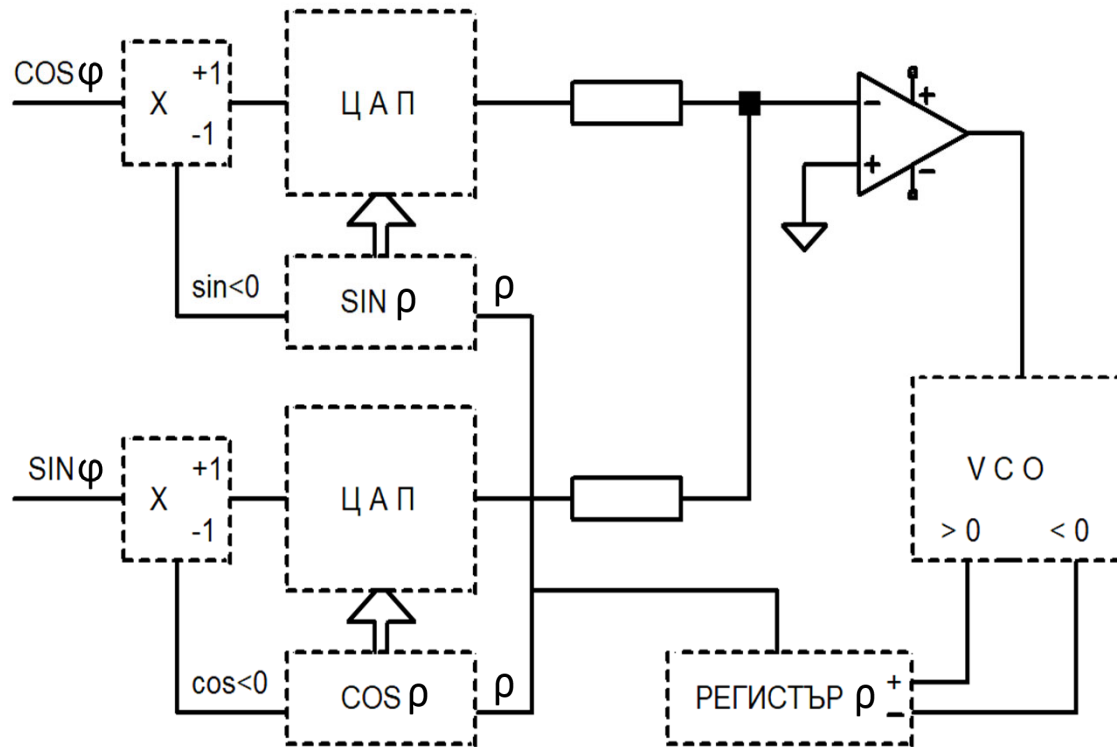


Изходът на тези ЦАП е ток и за да работят правилно напрежението в изхода трябва да е **около 0V**.

Формирането на изходния ток става с R-2R матрица. В ЦАП **съотношенията** между резисторите са много точни, за разлика от абсолютните стойности, които се влияят от температурата. Това означава, че изходният ток не може да се ползва директно, тъй като зависи от стойността на резисторите в матрицата. Ако се направи преобразувател ток – напрежение **с резистор от същата матрица** неточностите ще се компенсират. Умножителните ЦАП имат вградени такива резистори (1 или 2).

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти



Умножението се извършва в ЦАП, като $\cos\varphi$ и $\sin\varphi$ са аналогови, а $\sin\rho$ и $\cos\rho$ са цифрови. Тъй като на ЦАП не може да се подават числа с отрицателен знак, когато $\sin\rho$ и $\cos\rho$ са отрицателни се инвертира аналоговият сигнал. VCO е с два изхода. Когато напрежение на входа му е положително се появяват

импулси в единия изход (> 0), а при отрицателно – в другия.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Методи за измерване на обороти:

- генериране на напрежение, електромагнитна индукция, тахогенератори;
- формиране на импулси, оптически, електромагнитни, ефект на Хол;
- с отместване на скалата, насрещен двигател;
- **стробоскопичен ефект;**

В повечето случаи сензорите са готови устройства. За да се избере подходящ е достатъчно да се познават параметрите му. Затова няма да се разглежда в детайли устройството на всички, а само дотолкова, че да може да се ползват правилно и да се избират подходящи методи и схемни решения.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Тахогенератори (постояннотокови и променливотокови) – устройства които генерират напрежение пропорционално на скоростта на въртене. Често са вградени в двигателя чиито обороти измерват.

- Постояннотокови тахогенератори. Разликата между постояннотоков тахогенератор, динамо и постояннотоков двигател е в предназначението (т.е. няма разлика) . Принципът на работа е във взаимодействието между намотка (котва) и магнитно поле (магнит). **Имат колектор и четки**. Изходният сигнал е напрежение.

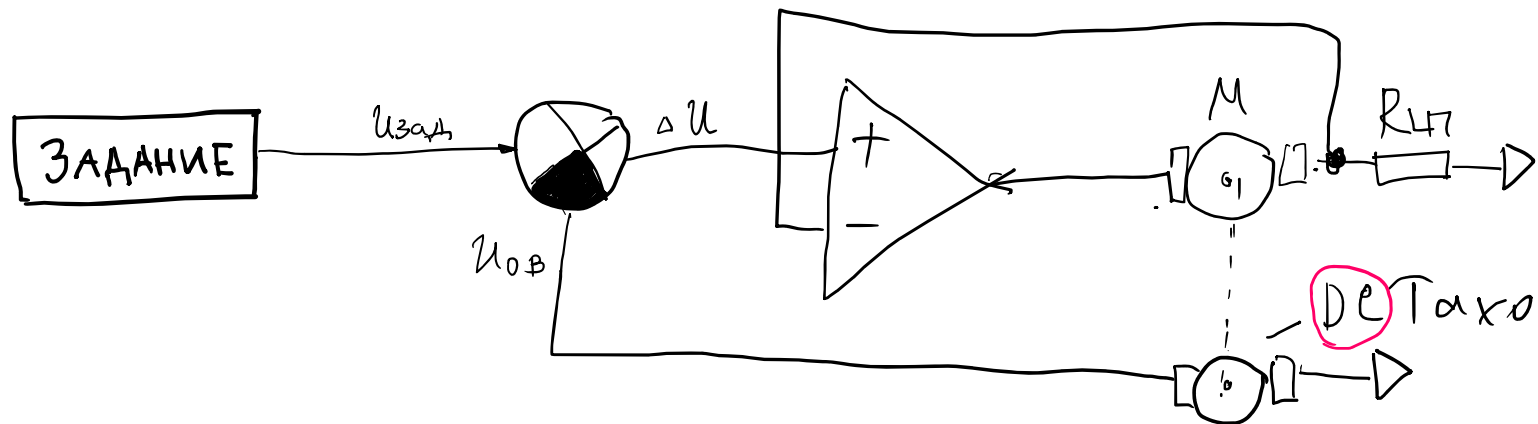
Предимства – дават и **посоката** на въртене, изходното напрежение може директно да се включи в схема на регулатор.

Недостатъци – по-скъп, шумове, износване на четките и колектора, слаб сигнал при ниски обороти.

Електронни устройства за измерване и управление

- Регулиране на обороти

Пример на регулатор с постояннотоков тахогенератор.



Каква е структурната схема на този регулатор ?

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

- Променливотокови тахогенератори. Изходното напрежение е променливо, като за измерване, освен амплитудата, може и обикновено се **ползва честотата**.

Всъщност, напрежението което се генерира в намотката на постояннотоковия тахогенератор също е променливо но то се „изправя“ от колектора, който разменя двата края на намотката на всеки 180° .

За да се избегнат четките, при променливотоковия тахогенератор се сменят местата на намотката и магнита, така конструкцията на такъв тахогенератор обикновено е постоянен магнит за ротор и намотка като статор.

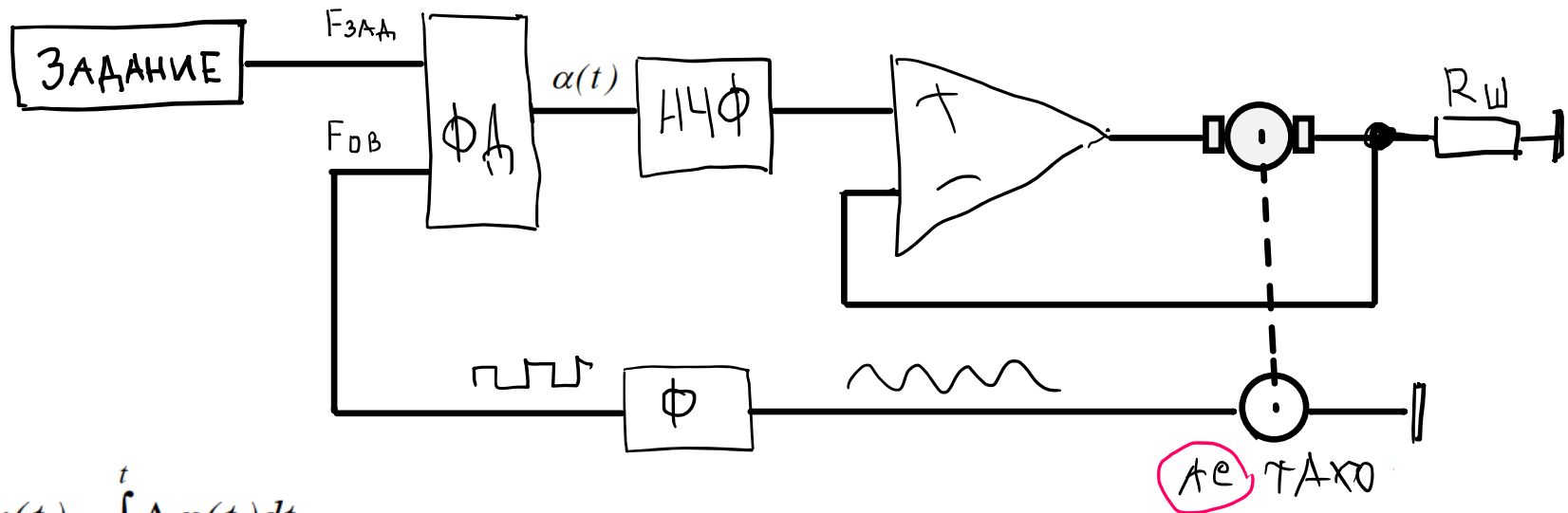
Предимства – няма четки (и шумове) и е по-евтин.

Недостатъци – не може да се определи посоката на въртене, слаб сигнал при ниски обороти (при **постояннотоков генератор е още по-зле**), по-сложна схема за измерване.

Електронни устройства за измерване и управление

• Регулиране на обороти

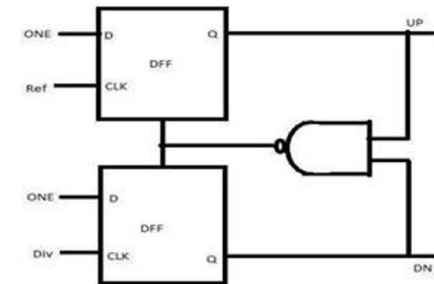
Пример на регулатор с променливотоков тахогенератор. Синтезатор на честоти с PLL...



$$\alpha(t) = \int_0^t \Delta\omega(t) dt$$

Структурна схема, статична или астатична?

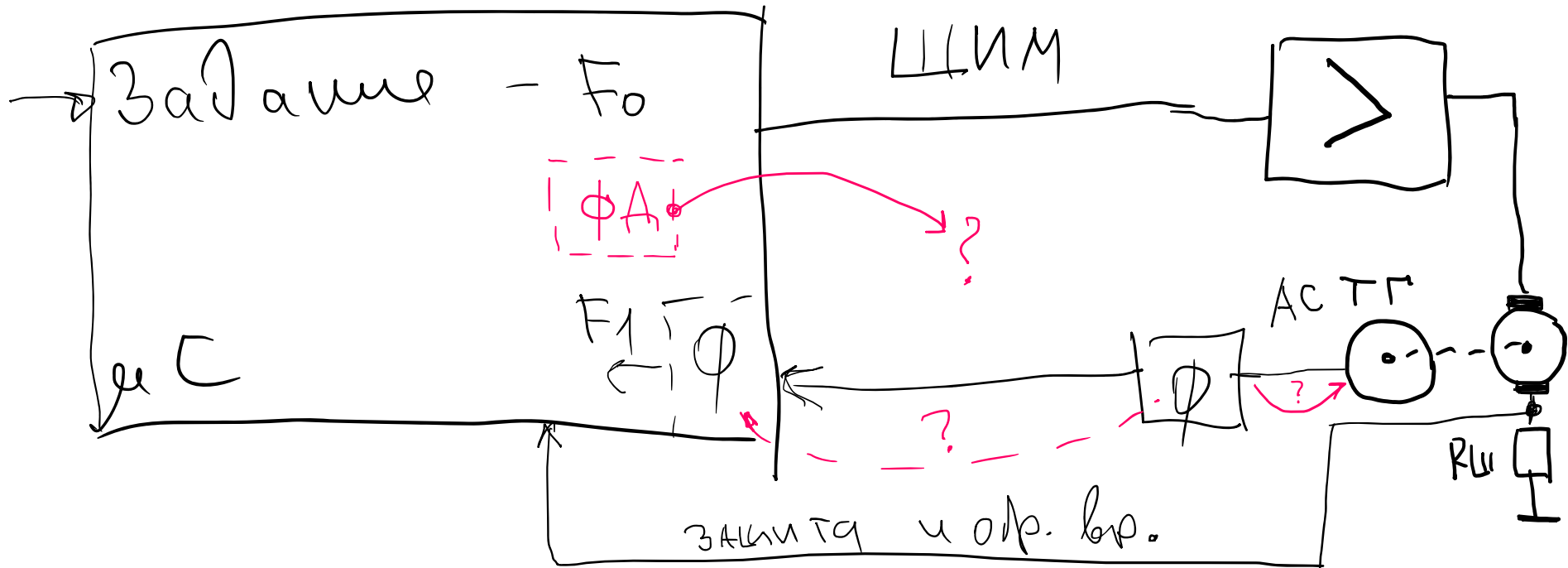
Пример на фазо-честотен детектор.



Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти

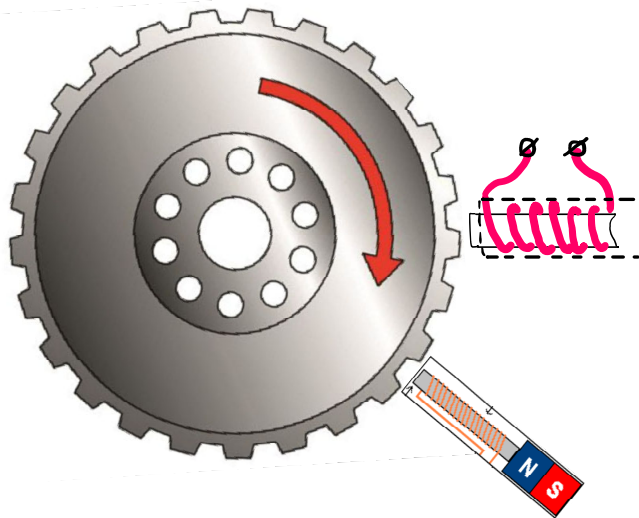
Как би се реализирала тази структурна схема с микроконтролер?



Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти

Методът включва зъбен гребен от феромагнитен материал (може да се измерва

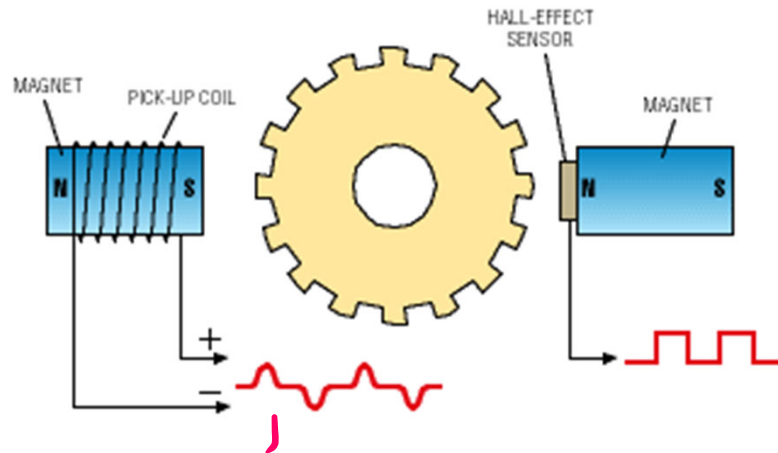


и **линейно преместване**). Ако зъбите са намагнитени последователно – N, S, N, S, ... в намотката срещу тях ще се индуцират импулси пропорционални на оборотите. Ако зъбите не са намагнитени намотката трябва да е върху магнит. И в двата случая честотата и амплитудата на получения сигнал ще зависят от скоростта на въртене. Независимо от конкретния

сензор сигналът от него се обработва като се формират правоъгълни импулси чиято честота е пропорционална на оборотите. Амплитудата на сигнала зависи от скоростта на въртене. При **ниски обороти не може** да се получат импулси.

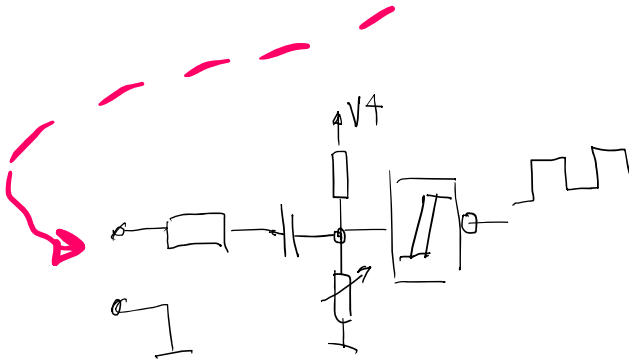
Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти



Импулсите от индуктивния датчик, които са двуполярни, се подават в средата на хистерезиса на формирателя. Така ще се увеличи около два пъти чувствителността и разшири обхватът към ниските обороти.

За по-ниски и дори нулеви обороти е по-добре да се ползват сензори с ефект на Хол или сензори с вихрови токове. Последните може да се ползват и с немагнитни, но проводими материали.

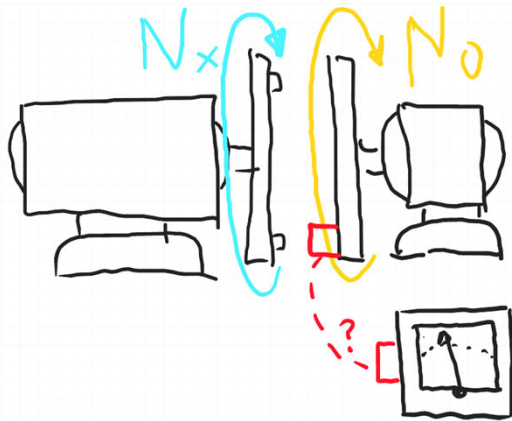


Електронни устройства за измерване и управление

• Измерване на ъгли и обороти

При **много ниски обороти** може да се ползва метод с „насрещен двигател“. Сензорът с който се измерват оборотите не е неподвижен, а се върти със стандартни обороти **N_0** срещу двигателя който се измерва. В зависимост от посоката на въртене на измервания двигател ще се отчитат обороти $N_0 - N_x$ или $N_0 + N_x$, като **N_x** са оборотите на измервания двигател. По този начин все едно се отмества спектъра на измерваните обороти (честота) с N_0 . Така, ако се измерят обороти **равни на N_0** , двигателят е спрял, т.е. **$N_x = 0$** .

Като двигател за стандартни обороти се използва синхронен двигател, напр. стъпков.



Има проблем за захранване на въртящия се сензор и предаване на информацията между него и останалата част на измервателната система. Това може да стане с въртящ се трансформатор (**не е резолвер**), по оптичен път, чрез радио (RF) канал или по друг начин.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Стробоскоп (стробоскопичен ефект).

Електронни устройства за измерване и управление

• Измерване на ъгли и обороти

От импулсите получени от сензорите, като се измерят периода или честотата им, може да се изчислят параметрите на движението (въртенето).

Обикновено честота е ниска и за по-голяма точност се мери период. От получената стойност се изчисляват оборотите (завъртания в минута).

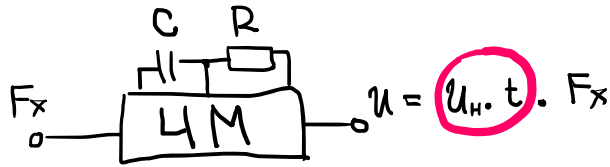
За прости приложения се използва преобразуване на честота в напрежение, като се ползва чакащ мултивибратор, плюс филтър за по-лесно измерване на средната стойност.

Може да се окаже, че цената на елементите на тази схема е по-висока от един обикновен микроконтролер, обаче без да се отчита цената на програмното осигуряване и възможността за настройка по време на експлоатация.

Средната стойност U в изхода на мултивибратора е $U_H \cdot t / T_x$ където t е продължителността на импулса на ЧМ, U_H амплитудата на импулсите, а T_x е периодът на входната честота, която идва от сензора. Като се знае, че $F_x = 1/T_x$, се получава линейна връзка между U и оборотите.

Електронни устройства за измерване и управление

• Измерване на ъгли и обороти



Прецизността на измерването зависи от точността на елементите и стабилността на времеконстантата **RC**.

Продължителността на импулса **t** зависи, но не е равна на **RC**. За различните чакащи мултивибратори импулсът

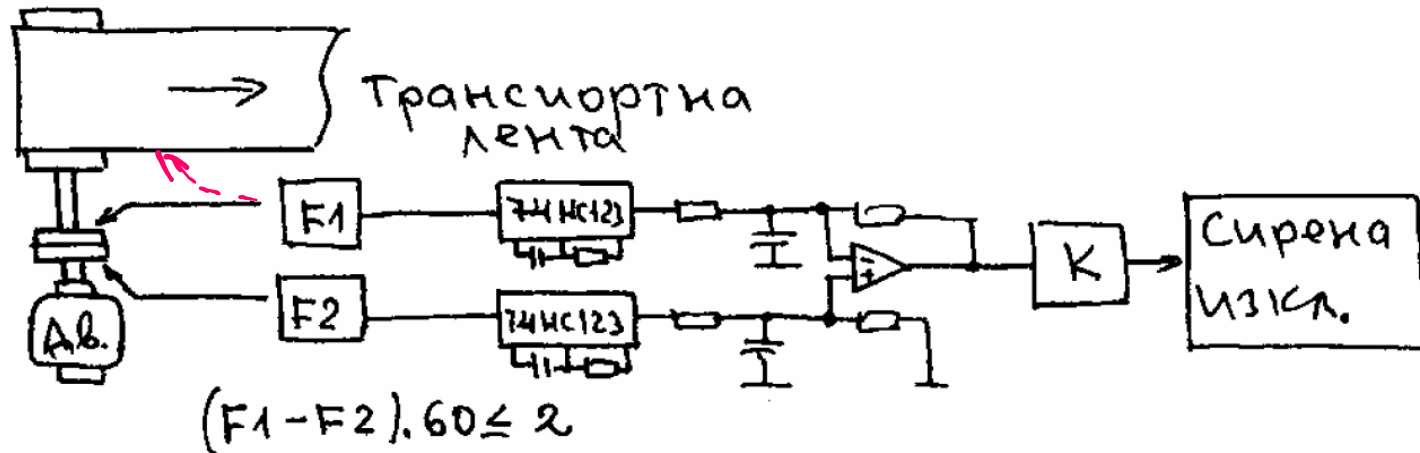
се определя по формулата $t=K.(RC)$, като $K=0,2\div 0,7$. Точността на преобразуване зависи и от качеството (параметрите) на мултивибратора и от нивата на импулса U_L , U_H . При CMOS нивата на U_L и U_H са **равни** на захранването (U_{dd} , U_{ss}), но при **TTL не са!**

Обхватът на измерваните обороти зависи от честотата която се получава от сензора.

Минималните обороти се определят от разрешаващата способност и зададената точност на следващото стъпало (компаратор, АЦП...). **Максималните** обороти зависят от периода на входните импулси T_x . Когато продължителността на импулса **t** на чакащия мултивибратор е по-голяма от T_x , по формулата се получава $t/T_x > 1$ или $U > U_H$. Средната стойност няма как да е по-голяма от U_H (от захранването U_{dd})!?!)

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти



Пример с използване на чакащи мултивибратори е показан на фигурата. Двигател, през съединител, движи транспортна лента. Ако транспортната лента се претовари съединителят буксува, оборотите започват да се различават. При по-голяма разлика от зададената се сигнализира, а може и да се спре двигателят. Двоен чакан мултивибратор преобразува F1 и F2 в напрежения които се изваждат в диференциален усилвател. Разликата се подава на компаратор, който, при **надвишаване на зададен праг** се включва.

F1 може да се получи, с подходящ сензор и от самата лента.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Примери за регулиране на оборотите на двигател. Приложения.

Какво да се управлява – обороти (скорост), позиция, ъгъл...;

Видове двигатели подлежащи на управление

- постояннотокови и променливотокови;

- асинхронни – On/Off управление, управление на плъзгането с промяна на
захранването, става и с фазово управление но в тесни граници;

- трифазни и еднофазни (монофазни);

- честотно управление (трифазни);

Серводвигател, сервоуправление (изпълнителен двигател);

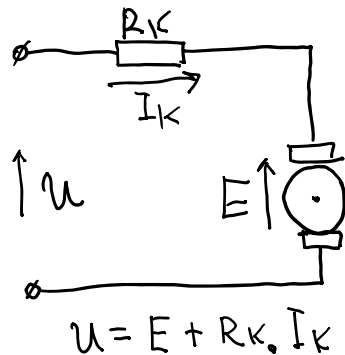
„Инверторни“ двигатели, уреди и т.н., инвертори като блокове за управление;

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Центробежен регулатор, за сведение;

Регулатор за постояннотоков двигател. Постояннотоковият двигател е много добър за управление. Ако се подаде напрежение (DC) на двигателя той се завърта, ако се смени поляритета – ще се върти в обратна посока. А ако се завърти от друг двигател – ще генерира напрежение.



Това означава, че когато двигателят бъде захранен, ще увеличава оборотите си докато подаденото напрежение U и това което той сам генерира E се изравнят. И токът I_k ще стане нула. . .? Само че има загуби и токът не става нула, т.е. E не се изравнява с U .

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Съпротивлението на котвата R_k (падът в нея) не позволява двете напрежения да се изравнят напълно и оборотите да са точно като зададените с подаденото напрежение.

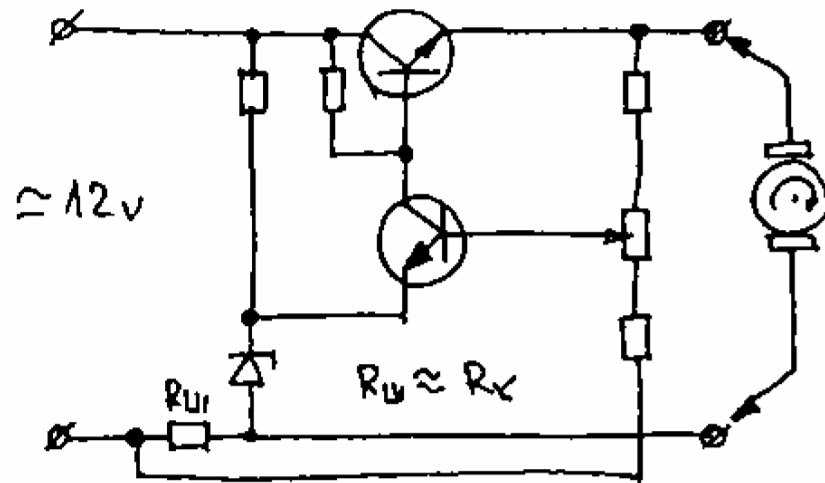
Ако напрежението с което се захранва двигателят се подаде от стабилизатор с **отрицателно изходно съпротивление** равно на това на котвата . . .

За да се получи **отрицателно** изходно съпротивление трябва да се въведе **положителна** обратна връзка. Всяка система с положителна обратна връзка е склонна към нестабилност – може да започне да генерира (да се самовъзбужда). Затова трябва да се предвиди настройка на обратната връзка – отрицателното съпротивление никога да не достига съпротивлението на котвата.

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти

Схемата е класически (от учебник) стабилизатор на напрежение, но с добавка положителна обратна връзка по ток ($R_{ш}$) за отрицателно изходно съпротивление.



Положителната обратна връзка може да внесе нестабилност в схемата и тя да генерира. Затова $R_{ш}$ се избира така, че да няма пълна компенсация на съпротивлението на котвата (R_k) на двигателя. По този начин **не се достигат**

точно зададените обороти, но грешката е многократно по-малка от случая без компенсация на R_k (без положителна обратна връзка).

Електронни устройства за измерване и управление

- Измерване на ъгли и обороти

Регулатори на обороти за АС и DC двигатели за електродомакински уреди и електроинструменти – миксери, аспиратори, вентилатори, бормашини, и други.

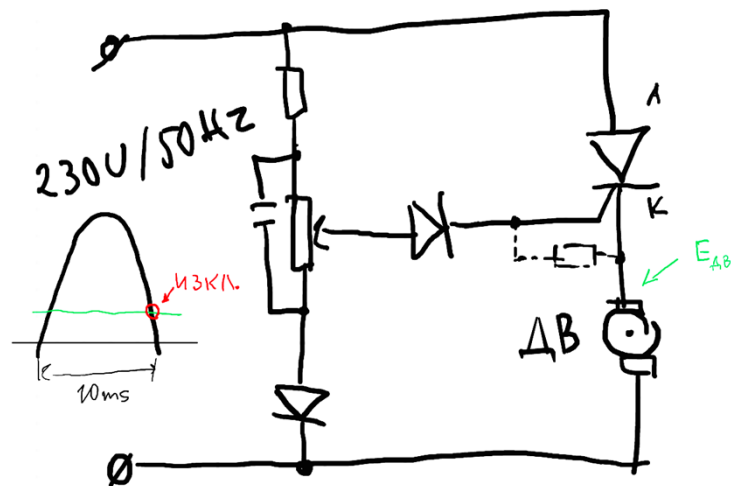
Основно изискване към тях е цената поради което не могат да се ползват

прецизни решения с обратни връзки и т.н.

Показаната схема е за управление на DC двигател който се захранва от мрежата 230V.

Използва се това, че постояннотоковият двигател, когато се върти, генерира напрежение.

Това напрежение се сравнява с напрежението на мрежата (едната полувълна) и ако е по-ниско



тиристорът се включва. Оборотите се задават с потенциометъра в широки граници.

Електронни устройства за измерване и управление

- **Измерване на ъгли и обороти**

Управление на стъпкови двигатели.

- принцип на работа на стъпков двигател;
- двигатели с еднополярно или двуполярно управление;
- управление на стъпков двигател;
- захранване с повишено напрежение;
- многостъпков режим.

Електронни устройства за измерване и управление

• Теми за тестови въпроси:

- Методи (сензори) за измерване на ъгли и обороти;
- Принцип на работа на резолвера. Описание;
- Как се определя ъгълът между ротора и статора на резолвера?
- Блокова схема на измерване на завъртане (ъгли, обороти) с резолвер?
- Кои ЦАП са умножителни? Защо в умножителните ЦАП има (вграден) допълнителен резистор за обратна връзка?
- Тахогенератори, видове, предимства и недостатъци. Как се ползват за измерване, каква обработка на изходния им сигнал е необходима?
- Измерване на обороти с преобразувател честота в напрежение. От какво зависи точността на преобразуване?
- Измерване на обороти с „насрещен двигател“ (отместване на скалата);
- Примери за измерване и регулиране на обороти (ъгли)?