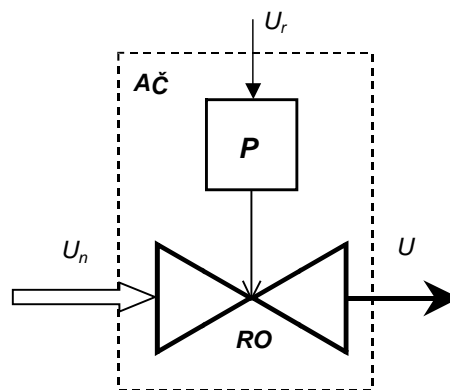


## Akčné členy a pohony.

### Elektrické akčné členy a pohony.

**Akčný člen** je súčasťou regulačného obvodu, ktorý prenáša pôsobenie riadiaceho systému na riadený systém (technologický proces, pracovný mechanizmus). Zabezpečuje riadenie množstva energie, materiálu, látok, surovín, ktoré sú vyjadrené kvantitatívne hmotnosťou, objemom, tlakom, teplotou alebo rýchlosťou pohybu médií.

Akčný člen je *väzobný člen medzi nevýkonovou riadiacou časťou a výkonovou riadenou časťou* systému. Vo výkonovej časti akčného člena môže dochádzať ku konverzii energií napr. elektromechanickej, elektrohydraulickej a elektropneumatickej. Priame nastavenie veľkosti prítoku vstupných médií (energie, látok, surovín) do riadenej sústavy realizuje regulačný orgán. Regulačný orgán, pokiaľ je jeho súčasťou mechanická časť, mení polohou veľkosť akčnej veličiny a ovláda pohonom polohu klapky, ventilu alebo posúvača. Výstupná veličina akčného člena sa nazýva akčná veličina a je vstupnou veličinou pre regulovanú sústavu (motor, potrubie, a pod.).



Obr - Štruktúra akčného člena: P – pohon, RO – Regulačný orgán,  $U_n$  – vstup látok, energie,  $U_r$  – riadiaca veličina,  $U$  – akčná veličina

Regulačný orgán môže byť elektrický, pneumatický a hydraulický alebo kombinovaný. Akčný člen môžeme chápať ako jednoduchý alebo zložitý systém. Jednoduchým akčným členom je napr.: servoventil, tranzistorový menič a pod. Zložitý AČ má v sebe zabudované aj regulačné obvody. Podľa toho či hodnoty akčnej veličiny sa nastavujú spojito alebo nespojito (diskrétne) rozlišujú sa spojité alebo diskkrétne AČ.

*Inteligentný akčný člen* obsahuje vlastné mikropočítačové riadenie, ktoré zabezpečuje linearitu a stálosť parametrov, potlačenie poruchových signálov, monitorovanie AČ a komunikáciu s

nadradeným systémom.

**Elektrický pohon** je súhrnom zariadení, ktoré zabezpečujú ovládanie premeny elektrickej energie na mechanickú energiu. Hlavnou súčasťou elektrického pohonu je elektrický motor. Doplnený je ovládacími prístrojmi, riaditeľnými zdrojmi elektrickej energie na napájanie hlavných alebo budiacich vinutí motorov a častí na ručné alebo samočinné riadenie pohonu. Môžu byť pripojené k striedavému alebo jednosmernému zdroju elektrickej energie - jedná sa o striedavé alebo jednosmerné motory. Striedavý zdroj býva jedno, alebo viacfázový, najčastejšie trojfázový.

Riadením elektrického pohonu rozumieme: zmeny rýchlosti, momentu, výkonu a ďalších požadovaných premenlivých parametrov pomocou ovládacích prvkov.

Elektrické pohony sa v súčasnosti chápu ako súčasť systémov riadenia pohybu. Oblasť riadenia pohybu zahŕňa všetky pohybové systémy od miniatúrnych, ako sú mikromotory, až po riadenie veľkých motorov v energetike. Systémy riadenia pohybu sa uplatňujú vo všetkých oblastiach výroby, ale aj nevýrobnej sféry, napr. v zdravotníctve, službách aj v domácnostiach.

Elektrické motory použité v akčných členoch a pohonoch možno rozdeliť do nasledujúcich základných kategórií:

- asynchrónne motory (stroje) -AM,
- synchronné motory (stroje) – SM,
- jednosmerné motory (stroje) – JM,
- krokové motory – KM.

### Krokové motory, princíp činnosti, zapojenie a riadenie.

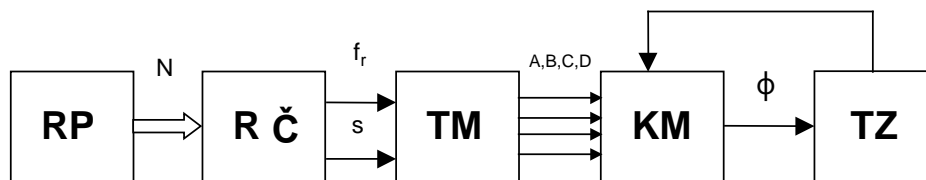
Elektromagnetické krokové motory - KM sú mnohopólové a mnohofázové synchronné motory prispôbené prevádzke v krokovom režime. Najčastejšie sú používané ako otvorené polohové číslicové servopohony, bez priameho snímania polohy rotora motora. Predstavujú výkonový prevodník číslo - N, poloha -  $\phi$ . Bloková schéma obsahuje RP: Riadiaci počítač, RČ - rozbehový člen, TM - tranzistorový člen (ovládač), KM - krokový motor, TZ - technologické zariadenie. V blokovej schéme sa predpokladá riadenie dvojfázového KM s bifilárnym vinutím

## Technické prostriedky automatizovaného riadenia

### Prednáška 7

fáz, ktoré umožňuje unipolárne riadenie fáz A,B,C,D. Tranzistorový menič pre unipolárne riadený KM má prispôsobené vstupné riadiace signály číslícovému riadeniu. Signál  $f_r$  predstavuje postupnosť riadiacich signálov, ktoré určujú veľkosť a rýchlosť zmeny polohy rotora. Signál „s“ – určuje smer otáčania.

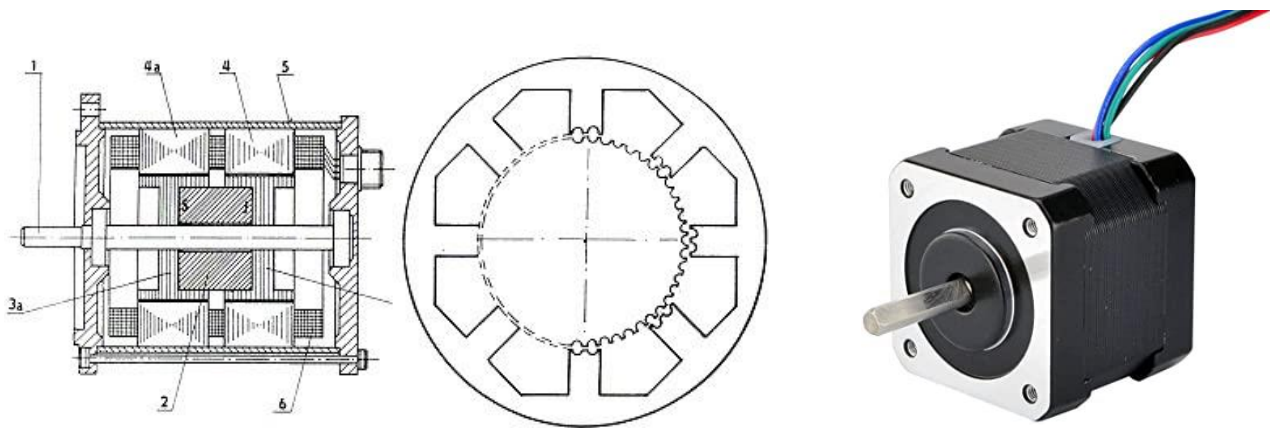
Základný princíp krokového motora je nasledovný. Prúd prechádzajúci cievkou statora vytvorí magnetické pole, ktoré pritiahne opačný pól magnetu rotora. Vhodným zapojením cievok dosiahneme vytvorenie rotujúceho magnetického poľa, ktoré otáča rotorom. Kvôli prechodovým magnetickým javom je obmedzená rýchlosť otáčania motora. Po prekročení tejto maximálnej rýchlosti motor začína „strácať krok“. V prípade, kde by mohol nastať takýto stav, je potrebné v prípade otvoreného systému uvažovať o inom motore s vhodnými parametrami alebo uvažovať o uzavretom systéme so spätnou väzbou (napr. IRC snímač polohy).



Obr - Bloková schéma číslícového otvoreného polohového servopohonu s KM

Z konštrukčného hľadiska ich možno ich rozdeliť do dvoch skupín:

- reakčné (reluktančné) motory s pasívnym rotorom
- motory s permanentnými magnetmi, s aktívnym rotorom
- s radiálne polarizovaným PM štvorpólové alebo viacpólové
- s axiálne polarizovaným magnetom (vždy dvojpólový), pravdepodobne najviac rozšírený typ, označuje sa ako **hybridný**, pretože v konštrukcii motora sa uplatňujú prvky KM s pasívnym rotorom a aj prvky KM s PM.



Obr - Rez hybridného KM Legenda: 1 - hriadeľ, 2 - magnet, 3a - rotorové pólové nástavce, 4, 4a - statorové zväzky, 5 - kostra, 6 - vinutie

Základné spôsoby riadenia KM sú definované podľa *spôsobu napájania fázových vinutí*

- Unipolárne napájanie - na vinutie sa pripája napätie vždy len jednej polarity
- Bipolárne napájanie - na vinutie sa môže pripájať napätie oboch polarít

Podľa *počtu taktov (krokov na jednu periódu)* sa delia na

- štvortaktné
- osemtaktné
- n - taktné

Podľa *typu napájania*

- napäťové
- prúdové

Podľa *spôsobu regulácie*

- otvorené - napäťové
- prúdové - s regulačným obvodom prúdu

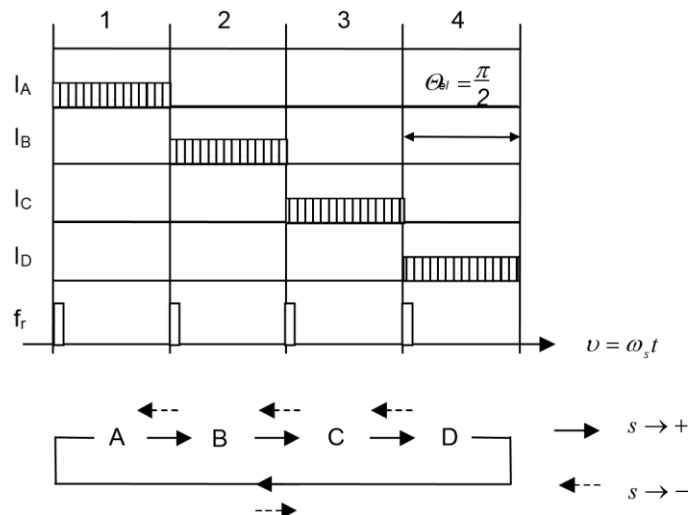
### **Unipolárne štvortaktné riadenie - súčasne je napájaná len jedna fáza**

Pri základnom unipolárnom štvortaktnom riadení KM sa predpokladá, že súčasne je napájaná prúdovým impulzom len jedna fáza. Postupnosť pripájania prúdových impulzov je uvedená na Obr. Postupnosť môžeme ju tiež vyjadriť algoritmom prepínania fáz. Rotor KM, ktorý je

## Technické prostriedky automatizovaného riadenia

### Prednáška 7

realizovaný ako kotva s PM zaujme stabilnú polohu v smere pôsobenia vyvolaného toku príslušnej fázy. Polohu rotora charakterizuje vektorový diagram na. Z algoritmu riadenia a vektorového diagramu je možné zistiť, že ak riadenie KM je dané vstupnými impulzmi frekvencie  $f_r$ , potom základný elektrický krok je  $90^\circ$ . Pre dvojpólový model KM je to súčasne aj veľkosť mechanického kroku. Zmenu otáčania KM je možné dosiahnuť zmenou smeru “s” postupnosti pripájania prúdových impulzov.



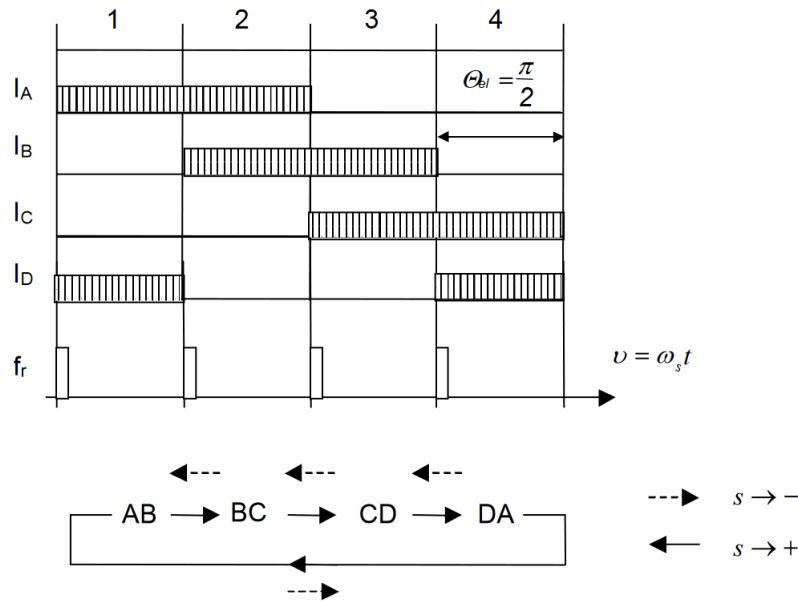
Obr. - algoritmus riadenia spínania fáz, pri unipolárnom štvortaktnom riadení KM, napájaná je len jedna fáza

### Unipolárne štvortaktné riadenie - súčasne sú napájané dve fázy

Unipolárne štvortaktné riadenie sa môže realizovať rozšíreným algoritmom riadenia kedy sú napájané súčasne prúdovým impulzom dve fázy. Postupnosť pripájania prúdových impulzov je vyjadrená algoritmom prepínania fáz uvedenom na obr.8.36. Rotor KM zaujme stabilnú polohu v smere pôsobenia výsledného vektorového súčtu tokov príslušných fáz, napr. fázy A a fázy B. Výsledná veľkosť toku a teda aj momentu motora je  $\sqrt{2}$ -krát väčšia ako pri algoritme riadenia kedy sa pripína len jedna fáza. Polohu rotora charakterizuje vektorový diagram na obr.8.37. Z vektorového diagramu je možné zistiť, že aj pri tomto algoritme riadenia je základný elektrický krok  $90^\circ$ , ale je posunutý oproti základnému algoritmu o uhol  $45^\circ$ . Pre dvojpólový model KM je to súčasne aj veľkosť mechanického kroku. Zmenu otáčania KM je možné dosiahnuť zmenou smeru “s” postupnosti pripájania prúdových impulzov.

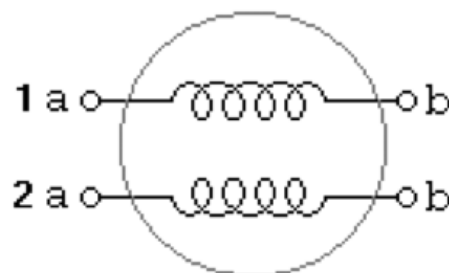
## Technické prostriedky automatizovaného riadenia

### Prednáška 7

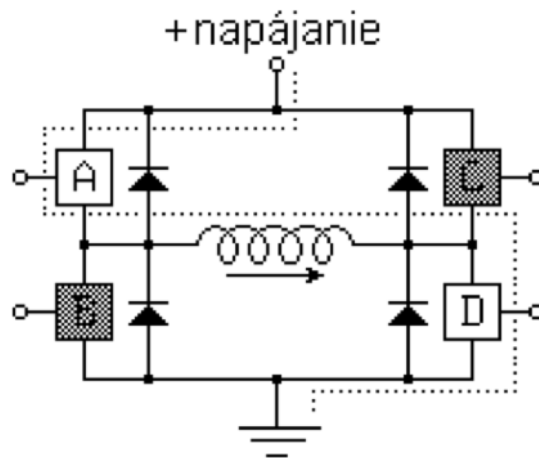


Obr. - algoritmus riadenia spínania fáz, pri unipolárnom štvortaktnom riadení KM, napájané sú dve fázy

Bipolárne motory sú z hľadiska fyzického vyhotovenia veľmi podobné unipolárnym, okrem faktu, že nemajú vývod, ktorý vychádza zo stredu cievky medzi jej jedným a druhým koncom (Obr. 11). Kvôli tejto odlišnosti potrebujú bipolárne motory iný typ riadenia než unipolárne. Je tu potrebné zabezpečiť zmenu toku prúdu cievkami a to zmenou polaroty. Z tohto vlastne vyplýva aj názov bipolárne. Keďže bipolárne motory využívajú celú cievku, nie len jednu polovicu cievky, majú schopnosť dosiahnuť väčší moment. U unipolárneho riadenia je možné dosiahnuť moment rovnakej veľkosti v režime štvortaktného riadenia – napájané dve cievky.

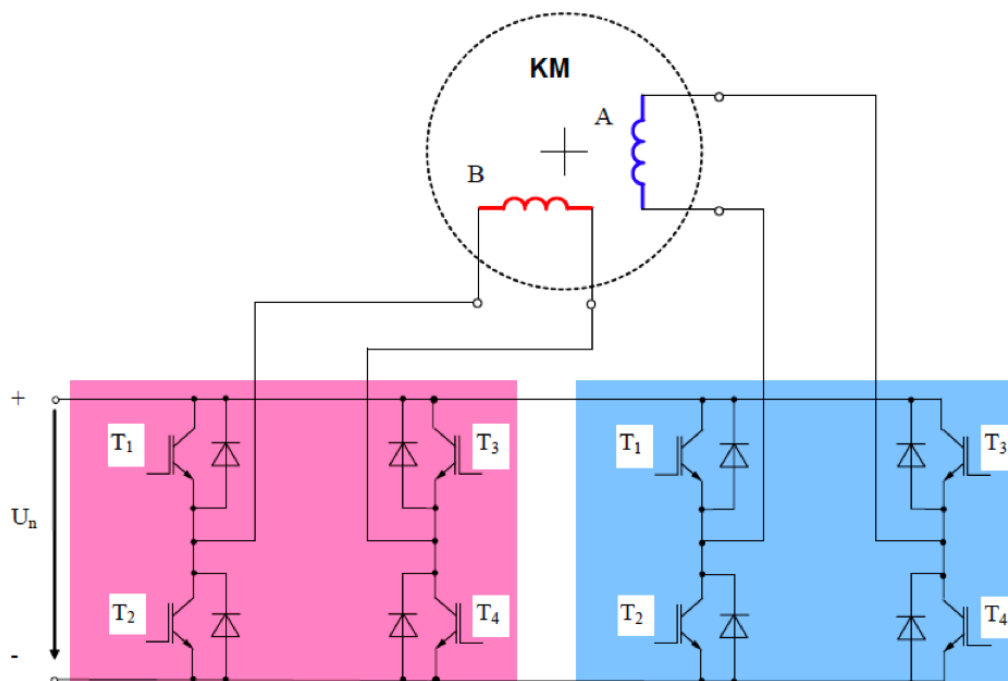


V KM je potrebné zabezpečiť zmenu polaroty napätia tak, aby prúd v cievke mohol tiecť oboma smermi. Zapojenie ktoré toto umožňuje sa nazýva tzv. H – most. H – most preto, lebo pripomína písmeno H.



Princíp spočíva v tom, že pre prechod prúdu jedným smerom sa aktivuje dvojica budiacich/spínacích členov AD (tak ako je to ukázané na obrázku), pre opačný smer dvojica BC. Diódy v zapojení chránia spínače pred spätným rázom indukovaného napätia.

Keďže bipolárny KM obsahuje dve cievky, na jeho riadenie potrebujeme dva takéto H – mosty.

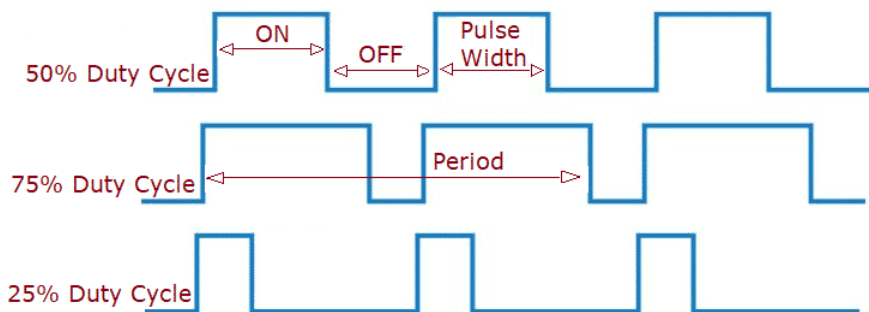


Princíp PWM

## Technické prostriedky automatizovaného riadenia

### Prednáška 7

PWM riadi analógové obvody pomocou digitálnych výstupov mikrokontroléra. Pri tejto technike nie je potrebná digitálno-analógová konverzia, pretože vplyvy šumu sú minimalizované tým, že signál je digitálny. V PWM sa energia rozdeľuje prostredníctvom série impulzov namiesto kontinuálne sa meniaceho (analógového) signálu. Zväčšovaním alebo zmenšovaním šírky impulzov možno riadiť tok energie.



Obr. Tvary PWM signálu

Na OBR sú uvedené priebehy PWM s rôznymi pracovnými cyklami. Podiel času, počas ktorého je priebeh "zapnutý" alebo "high", sa nazýva pracovný cyklus (duty cycle).

Strieda (alebo tiež činiteľ plnenia) periodicky sa opakujúceho dvoj-stavového javu, signálu, alebo funkcie je definovaná ako pomer doby trvania *aktívneho stavu* („zapnutý“, log.1, prúd tečie, zariadenie pracuje, hodnota je nenulová, ...) voči perióde javu. Vyjadruje sa zvyčajne v percentách podľa nasledovného vzťahu:

strieda  $D = \tau/T$  (doba zopnutia/perióda)

$D$  je *strieda* (z angl. *duty cycle* – pracovný interval);

$\tau$  je doba, kedy je funkcia nenulová;

$T$  je *perióda* funkcie.

Striedu je možné vyjadriť aj vo forme pomeru dĺžky trvania stavov „zapnutý“ a „vypnutý“ – napr. 1:1 vyjadruje striedu 50 %, 1:3 25 % a podobne.

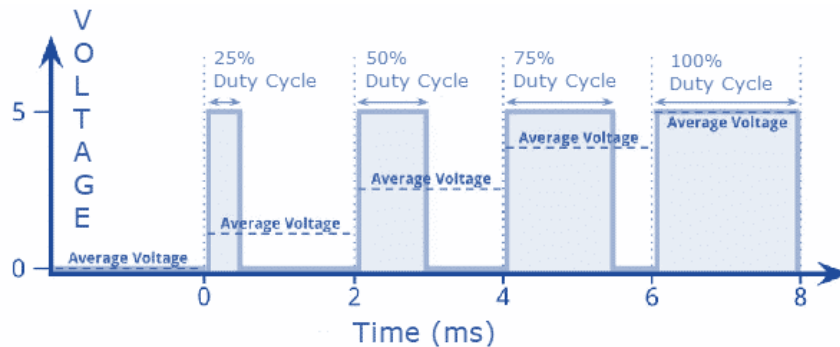
Priemerné napätie možno regulovať zmenou šírky kladného impulzu. Zmenou (moduláciou) času,



## Technické prostriedky automatizovaného riadenia

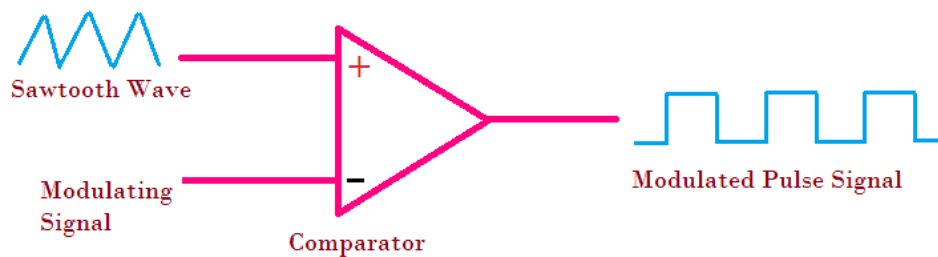
### Prednáška 7

počas ktorého je výstup "zapnutý", môžeme meniť priemerné napätie. Priemerná hodnota závisí od striedy. Menší čas "zapnutia" znamená nižšiu priemernú hodnotu a podobne väčší čas "zapnutia" znamená vyššiu priemernú hodnotu.



### Generovanie PWM signálu

PWM signál je možné generovať s využitím komparátora, ako je znázornené na Obr. Modulačný signál tvorí jeden zo vstupov komparátora a na druhý vstup sa privádza signál pílového tvaru so želanou nosnou frekvenciou. Komparátor porovnáva tieto dva signály a generuje signál PWM ako svoj výstupný priebeh.



Ak je hodnota signálu pílového trojuholníka vyššia ako modulačný signál, potom je výstupný signál PWM v stave "High" (vysoký), inak je v stave "Low" (nízky). Hodnota veľkosti vstupného signálu teda určuje výstup komparátora, ktorý definuje šírku impulzu generovaného na výstupe.

### Príklad použitia pre stmievanie LED

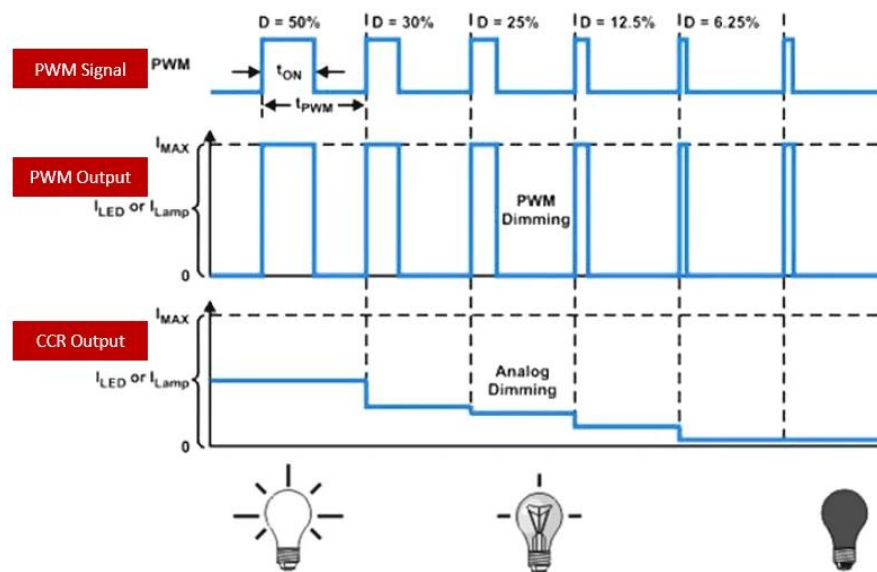
LED znamená dióda vyžarujúca svetlo, preto je LED jednoducho dióda. Dióda je polovodičové zariadenie, a preto je jej správanie nelineárne. Znamená to, že LED diódu nie je možné spoľahlivo ovládať jednoduchým nastavením napätia, ako to robíme pri žiarovkách. Namiesto toho je vhodné pre

## Technické prostriedky automatizovaného riadenia

### Prednáška 7

riadenie jasu použiť PWM.

Výstupný obvod PWM prepína jednosmerný prúd pretekajúci LED vysokou frekvenciou medzi zapnutým a vypnutým stavom. Ľudské oko vzhľadom na vysokú frekvenciu tohto deja nemôže zaznamenať blikanie, ktoré vedie k zmene svetelného výstupu LED. Rozdiel medzi signálom PWM, výstupom PWM a výstupom regulátora konštantného prúdu CCR môžeme znázorniť na jednom obrázku.



<https://electricalfundablog.com/pulse-width-modulation/>

[https://sk.wikipedia.org/wiki/Strieda\\_\(elektronika\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Strieda_(elektronika))

<https://www.upowertek.com/what-is-pwm-dimming/>

Použitá literatúra:

1. Tesár Richard, Krokové motory. dostupné na: <http://www.posterus.sk/?p=2840&output=pdf>
2. Elektrické pohony ako súčasť mechatronických systémov.  
[https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/casopisy/atp\\_2010/pdf/atp-2010-01-34.pdf](https://www.atpjournals.sk/buxus/docs/casopisy/atp_2010/pdf/atp-2010-01-34.pdf)
3. Milan Žalman, AKČNÉ ČLENY. [http://matlab.fei.tuke.sk/prs/subory/Akcne.cleny\\_Zalman\\_2002.pdf](http://matlab.fei.tuke.sk/prs/subory/Akcne.cleny_Zalman_2002.pdf)
4. <https://electricalfundablog.com/pulse-width-modulation/>
5. [https://sk.wikipedia.org/wiki/Strieda\\_\(elektronika\)](https://sk.wikipedia.org/wiki/Strieda_(elektronika))
6. <https://www.upowertek.com/what-is-pwm-dimming/>