**PWM**

Pulse width modulation este o tehnica folosită pentru a transforma un mesaj intr-un semnal de puls. Deși se poate folosi pentru a coda informație pentru transmisiuni, cel mai des este folosită pentru a controla puterea transmisa dispozitivelor electrice, in special celor cu inerție, ca motoarele electrice.

Valoarea medie a voltajului trimis către dispozitivele electrice prin PWM e controlat prin schimbarea foarte rapidă a voltajului din oprit in pornit (0 sau 1). Cu cât este de mai multe ori pornit intr-o perioadă in loc de oprit, cu atât mai mare este puterea transmisa. Frecvența cu care este schimbat semnalul trebuie sa fie mult mai mare decât poate fi sesizat de către dispozitiv, astfel incat semnalul perceput sa fie neted. In general schimbarea semnalului trebuie sa fie facută de căteva ori pe minut pentru un cuptor electric, de 120 HZ pentru o lampa ce are functii de fade in, fade out, de zeci de KHZ pentru un motor electric si de sute de KHZ pentru ampificatoare audio si surse de curent folosite pentru computere.

Termenul de duty cycle descrie proporția de timp dintr-o perioadă in care puterea este pornită. Un duty cycle scăzut corespunde unei puteri mici, pentru că puterea este oprita majoritatea timpului. Duty cycle-ul este calculat in procente, 100% reprezentând puterea maximă.

Cel mai mare avantaj al PWM-ului este ca nu se pierde putere când se schimbă starea. Când duty cycle-ul este 0 nu se foloseste curent deloc.

**Istoria:**

In trecut, cand era nevoie de putere parțiala se folosea un reostat care conectat in serie cu motorul ajusta puterea transmisă către motor, dar se pierdea putere prin căldura disipata de elementul de rezistența. Era o schema ineficientă, dar tolerabilă pentru că puterea totală era scăzută. Cu toate ca reostatul era una din câteva metode de a controla puterea, era nevoie de o metodă mai eficientă și mai ieftină. Acest mecanism trebuia să poată controla motoare pentru ventilatoare, pompe și motoare servo și trebuia sa fie suficient de compact. PWM-ul a apărut ca solutie pentru aceasta problema complexă.

Una din primele aplicatii ale PWM-ului a fost Sinclair X10, un amplificator audio ce a aparut sub forma de kit in anii 60. In aceeași perioad PWM-ul a inceput să fie folosit pentru a controla motoare AC

**Principiu de funcționare**

Pulse width modulation folosește o unda de puls dreptunghiulara al carei puls este schimbat rezultând in variația valorii medii a undei.

**Delta**

La folosirea modulației delta pentru a controla PWM, semnalul de ieșire este integrat și rezultatul este comparat cu limitele care corespund cu un semnal de referință ce este compensat de o constantă. De fiecare dată partea integrala a unui semnal de ieșire ajunge la una din limite, semnalul de PWM iși schimbă starea.

**Delta-sigma**

La folosirea modulatie delta-sigma pentru a controla PWM-ul, semnalul de iesire este scăzut dintr-un semnal de referința pentru a genera un semnal de eroare. Această eroare este integrată și când integrala erorii depașește limitele, semnalul de ieșire iși schimbă starea.

**Modularea vectorului spațial**

Modularea vectorului spațial este un algoritm de control a PWM-ului pentru generarea multi-fazică de AC in care semnalul de referință este eșantionat regulat, după fiecare eșantion.

**Controlul direct de cuplu**

Controlul direct de cuplu este o metodă folosită pentru a pentru a controla motare AC. Seamănă cu metoda delta. Cuplul motor și fluxul magnetic sunt estimate și sunt controlate astfel incat sa ramana in banda de hysteresis pornind combinații noi de semiconductoare ale dispozitivului de fiecare dată cand un semnal incearcă se devieze din bandă.

**Proporționarea timpului**

Multe circuita digitale pot genera semnale de PWM (multe microcontrolere au output-uri de PWM). De obicei folosesc countere care se incrementează periodic (sunt conectate direct sau indirect la tactul circuitului) și se resetează la sfârșitul perioadei de PWM. Când valoarea counterului este mai mare decat valoarea de referință, ieșirea de PWM iși schimbă starea din pornit in oprit sau invers. Această tehnică se numește proporționarea timpului.

Această tehnică de incrementare și resetare periodică a counterelor este varianta discretă a metodei de intersectare sawtooth. Comparatorul analog al metodei intersectării devine o comparație naturală simplă intre valoarea curentă a counterului și a valorii digitale de referință. Duty cycle-ul poate varia doar in pași discreți.

**Tipuri de PWM**

Trei tipuri de pulse-width modulation sunt posibile

1. Centrul pulsului poate fi fixat in mijlocul perioadei șo ambele margini ale pulsului sunt mișcate pentru a compresa sau expanda lațimea.
2. Marginea lead poate fi ținută la marginea lead a ferestre și marginea tail modulată.
3. Marginea tail poate fi fixată si marginea lead modulată.

**Spectrul**

Rezultatul spectrului celor 3 cazuri sunt similare, și fiecare conține o componentă DC (un sideband de bază ce conține semnalul de modulare și faza modulată la fiecare frecvență de puls). Amplitudinea grupurilor harmonice sunt restricționate de funcția sin x/x și extinsă la infinit.

**Teoria de eșantionare a PWM-ului**

Procesul de conversie de PWM este non-liniar și se presupune că filtrul de trecere este imperfect pentru PWM. Teorema de eșantionare a PWM-ului arată că se poate ca o conversie de PWM să fie perfectă. Teorema spune că orice bandă de semnal limitată intre +-0.637 poate fi reprezentată de un PWM cu semnal de undă cu unitate de amplitudine. Numărul de pulsuri în semnalul de undă este egal cu numărul de eșantionare Nyquist și vârful constrângerii este independent de tipul semnalului de undă (este pe doua nivele sau pe trei).

**Telecomunicații**

In telecomunicatii, PWM-ul este o formă de semnal de modulație în care lațimea pulsurilor corespunde unor valori de date specifice codate la un capăt si decodate la celălalt.

Pulsuri de diferite lungimi sunt trimise la intervale regulate.

Includerea unui semnal de tact nu este necesar, pentru câ marginea din frunte poate fi folosită ca și semnal de tact dacă ii se adaugă o valoare de offset pentru a evita valori de date cu valoare zero pentru un semnal de puls.

**Livrarea puterii**

PWM-ul poate fi folosit pentru a controla cantitatea de putere livrată unui dispozitiv fără să provoace pierderi care ar rezulta dintr-o livrarea a puterii folosind rezistența. Dezavantajele acestei tehnici este că puterea folosită de dispozitiv nu este constantă ci discontinua. Totodată sarcina poate fi inductiva și cu o frecvență suficient de mare și când este necesar folosind filtre electronice adiționale, trenul de puls poate fi netezit și media semnalului de undă analog recuperată. Fluxul puterii in sarcină poate fi continuă. Fluxul puterii de la sursă nu este constantă și are nevoie de stocarea energie in partea sursei in majoritatea cazurilor.

PWM-ul de mare frecvență folosit pentru a controla sisteme de putere este ușor realizabil cu cu întrerupătoare semiconductoare. Aproape nici un pic de putere nu este disipată de întrerupător in starea de pornit sau oprit, dar in timpul tranziției între stări voltajul și curentul sunt nonzero așa că puterea este disipată în întrerupătoare. Prin schimbarea rapidă între stări de pornit și oprit, puterea disipației în întrerupătoarea poate fi foarte mică comparativ cu puterea trimisă la sarcină.

Controlerele de viteză variabilă a ventilatoarelor pentru computere folosesc de obicei PWM, pentru că este mult mai eficient comparativ cu un potențiometru sau un rheostat.

**Regulatoare de voltaj**

PWM este folosit eficient de regulatoare de voltaj. Prin schimbarea voltajului către sursa cu sarcina specifică de duty cycle, outputul va aproxima un voltaj la nivelul dorit. Zgomotul de schimbare este de obicei filtrat cu un inductor și un condensator.

O metoda măsoara voltajul de output, când este mai mic decât voltajul dorit pornește întrerupătorul. Când voltajul de output este mai mare decât voltajul dorit se oprește întrerupătorul.

**Efectele de ampificație audip**

PWM-ul este folosit cateodată la sintetizarea sunetului, in special la sinteza de scădere pentru că ii ofera sunetului un efect similar corului. Proporția dintre perioada in care output-ul este pornit și oprit este modulată cu un oscilator de frecvența mică. In plus, schimbând duty cycle-ul unui puls intr-o sinteză substractivă instrumentul crează variații folositoare de timbru.