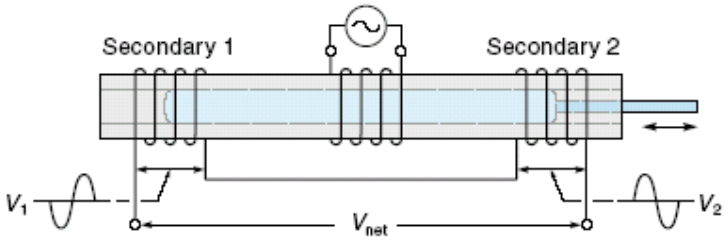
Linear Variable Differential Transformer (LVDT)

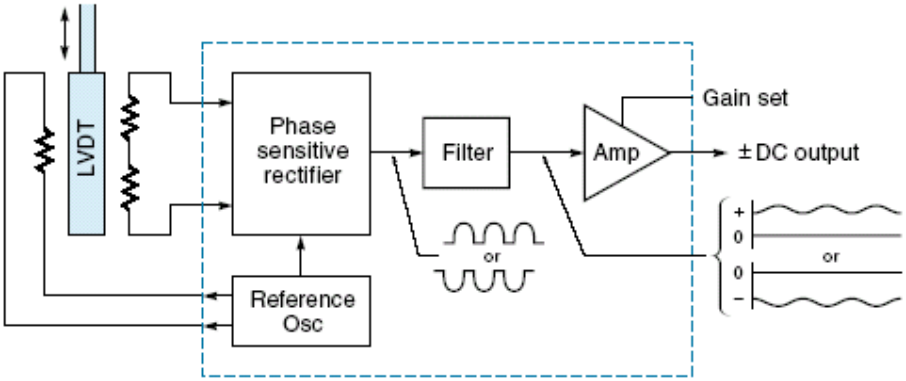
Linear Variable Transformer (LVDT) adalah sensor posisi dengan resolusi tinggi yang menghasilkan tegangan AC dengan magnituda berbanding lurus terhadap posisi lurus. LVDT memiliki kelebihan karena tidak terjadi pergesekan. Gambar 2.9. memperlihatkan LVDT dengan tiga kumparan dan sebuah batang besi yang dapat bergerak. Kumparan tengah yang disebut kumparan primer dihubungkan dengan tegangan acuan AC. Kedua kumparan luar disebut kumparan sekunder yang keduanya dipasang secara seri.



(a) LVDT with shaft centered

Gambar 2.9. Linier Variable Differential Transformer

Saat batang besi bergerak maka akan terjadi tegangan induksi pada kumparan sekunder. Tegangan induksi ini yang dikonversikan menjadi posisi linier yang diukur.



Gambar 2.10 Rangkaian Pengukuran Posisi Menggunakan LVDT

2.3. Sensor Kecepatan Sudut (*Angular Velocity Sensors*)

Sensor kecepatan sudut atau tachometer adalah sensor yang menghasilkan output berbanding lurus dengan kecepatan sudut. Sensor-sensor ini banyak digunakan pada sistem pengaturan kecepatan motor.

Kecepatan dari Sensor Posisi

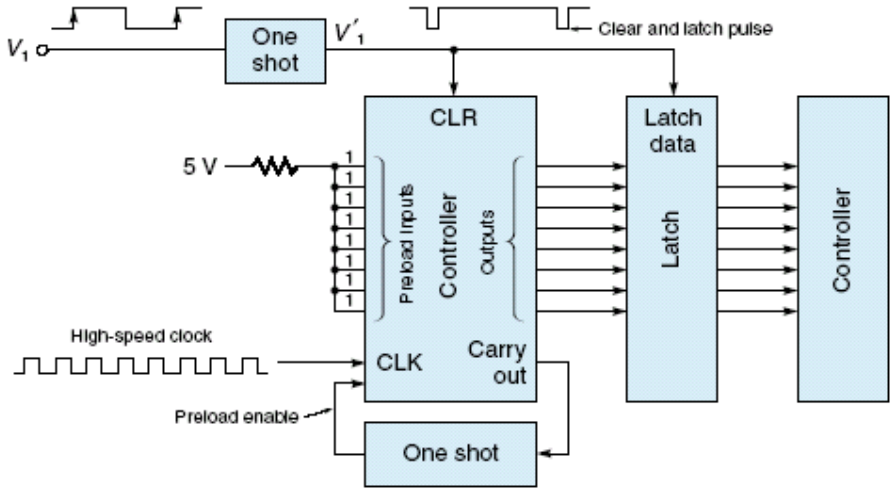
Kecepatan adalah laju perubahan posisi yang secara matematik dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Kecepatan} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1}$$

$\Delta\theta$ = perubahan sudut
Δt = perubahan waktu
θ_2, θ_1 = posisi sudut
t_2, t_1 = waktu yang diambil dari masing-masing posisi sudut

Karena komponen kecepatannya hanya posisi dan waktu tidak sulit mencari informasi kecepatan. Sehingga hanya dengan menggunakan sensor posisi seperti potensiometer kecepatan dapat diukur tanpa harus membuat sensor kecepatan.

Kecepatan dapat diperoleh dari optical rotary encoder dengan dua cara. Cara pertama adalah metoda yang sama dengan potensiometer, sedangkan cara kedua adalah menentukan waktu yang diperlukan oleh setiap slot disk untuk lewat. Semakin lambat kecepatan semakin lama waktu yang diperlukan setiap slot untuk melewati sensor optik. Rangkaian digital counter pada gambar 2.11. dapat digunakan sebagai timer untuk mengukur berapa lama waktu yang diperlukan slot untuk lewat.



Gambar 2.2. Rangkaian untuk menghitung waktu siklus slot (slot-cycle time) yang digunakan untuk menentukan posisi dari incremental encoder

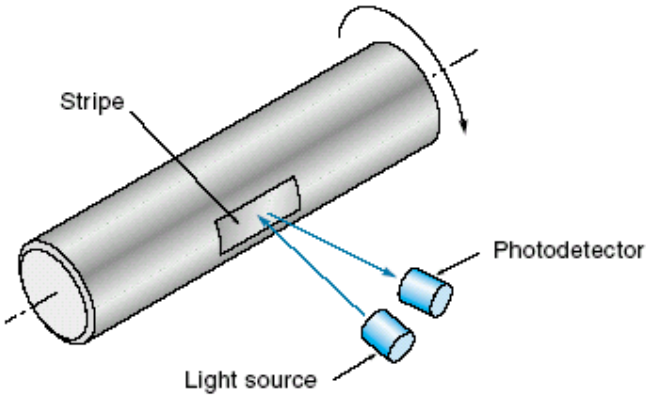
Idenya adalah menghitung siklus dari clock kecepatan tinggi (high-speed clock) selama satu periode slot. Perhitungan terakhir akan sebanding dengan waktu yang diperlukan slot untuk lewat. Cara kerja rangkaian 2.11 adalah sebagai berikut. Salah satu keluaran dari optical encoder (sebut saja V1) digunakan sebagai input dari timer. V_1 memicu sinyal one-shot untuk menghasilkan V'_1 yang merupakan pulsa negatif untuk men-clear-kan counter. Saat V'_1 high (menghilangkan clear), high-speed clock dihitung oleh counter. Saat slot berikutnya memicu kembali one-shot, data dari counter dikirimkan ke latch terpisah dan counter kembali clear dan siap untuk memulai lagi. Pengatur (controller) membaca hasil perhitungan (count) dan latch. Nilai hasil perhitungan ini sebanding dengan kecepatan sudut.

Semakin lambat kecepatan semakin besar hasil perhitungan ini. Artinya untuk kecepatan terlambat nilai counter bisa melewati batas hitung dan kembali ke nilai 0 lagi. Juga saat piringan encoder tiba-tiba diam maka beberapa counter bisa melewati batas hitung. Untuk mengatasi masalah ini ditambahkan rangkaian khusus yang menggunakan one-shot. Setiap kali counter naik, sinyal one-shot dihasilkan dan mengeluarkan nilai 1 detik untuk setiap bit. Akasi ini mencegah counter yang penuh (full counter) berubah ke 0. Sehingga bagi pengatur full counter diinterprestaikan sebagai kecepatan yang terlalu rendah untuk diukur.

Tachometers

Tachometer optik adalah alat ukur sederhana yang dapat menentukan laju dari batang yang berputar per menit (rpm=revolution per minute). Pada gambar 2.12 diperlihatkan sebuat pita pemantul ditempatkan pada batang berputar. Sebuah sensor cahaya ditempatkan sedemikian rupa sehingga mampu mengeluarkan sebuah pulsa setiap kali pita melewati sensor. Perioda dari bentuk gelombang ini berbanding terbalik dengan rpm dari batang dan perioda ini dapat diukur menggunakan rangkaian counter.

Tetapi rangkaian dengan satu sensor cahaya ini tidak dapat menentukan posisi dan arah putar. Jika ditambahkan menjadi dua sensor cahaya dan dengan memperhatikan phasa gelombangnya maka arah putar batang.

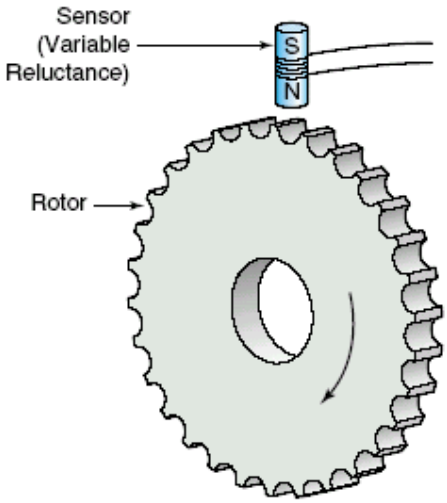


Gambar 2.12. Tachometers Optik

Beberapa jenis tachometers yang lain adalah Toothed-Rotor Tachometers dan Direct Current Tachometers.

Toothed-rotor Tachometer

Toothed-rotor Tachometer terdiri dari sensor yang diam dan sensor yang berputar yang bergerigi (toothed) berupa roda besi (Gambar 2.13) .



Gambar 2.13. Toothed-rotor Tachometer

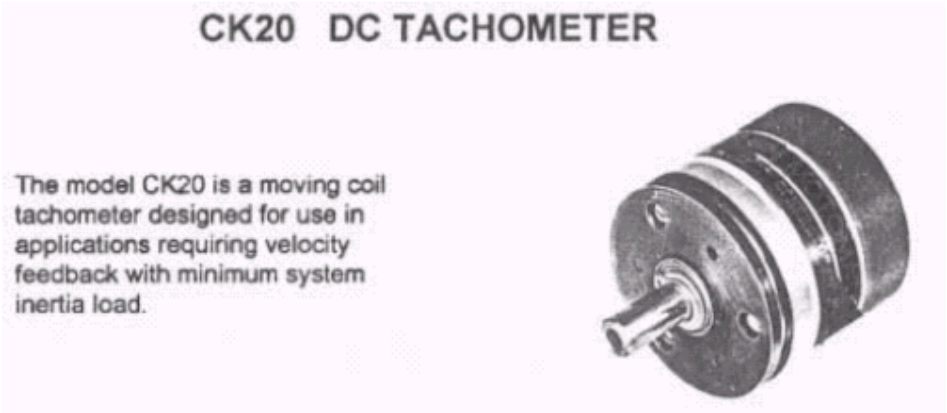
Roda bergerigi ini bisa dipasangkan pada bagian yang akan diukur misalnya batang (*shaft*) pada mesin mobil. Sensor membangkitkan sebuah pulsa setiap kali gigi lewat. Kecepatan angular dari roda sebanding dengan frekuensi pulsa.

Contoh jika roda memiliki 20 gigi maka akan terdapat 20 pulsa setiap putaran. Terdapat dua jenis toothed-motor tachometer yaitu variable reluctannce sensor yang terdiri dari sebuah magnet dengan kumparan yang melilitnya (lihat gambar 2.13). Setiap kali gigi besi melewati magnet, medan magnetik di dalam magnet akan meningkat dan menghasilkan tegangan induksi di dalam kumparan. Pulsa-pulsa ini dikonversikan gelombang kotak ideal menggunakan rangkaian threshold detector (sejenis limiter lihat kembali bab 1).

Tipe yang lain adalah sensor adalah Hall-Effect sensor. Di mulai di tahun 1879 E.H. Hall mencetuskan efek dengan namanya, ia menemukan sifat khusus dari tembaga yang kemudian disebut semikonduktor. Semikonduktor menghasilkan tegangan saat berada di dalam medan magnet, khususnya saat menggunakan jenis germanium dan indium. Jadi sensor hall-effect ini menghasilkan output tegangan saat medan magnetik meningkat, yang terjadi saat menggerakkan magnet atau dengan mengganti lintasan medan magnetik. Tetapi tegangan Hall tidak bergantung pada pergerakan medan magnetik hanya terjadi karena ada medan magnetik disekitar kumparan.

Direct Current Tachometers

Direct Current Tachometers sebenarnya adalah generator DC yang menghasilkan tegangan yang sebanding dengan kecepatan putar batang (*shaft velocity*). Poralitas tegangan ditentukan oleh arah dari putaran. Biasanya jenis DC tachometer ini terdiri dari permanen magnet yang diam dan bagian yang berputar yang terdiri dari kumparan. Disain ini mempertahankan inersia turun tetapi tetap diperlukan sisir sentuh yang bisa usang jika terus menerus digunakan. Meskipun demikian tetap jenis ini menghasilkan konversi langsung dari kecepatan putar ke tegangan.



Gambar 2.14 DC Tachometer

2.4. Sensor Jarak (Proximity Sensor)

Limit Switches

Proximity Sensor memberitahu pengatur apakah suatu bagian bergerak sudah ada pada posisi tertentu. Limit switch adalah contoh dari proximity sensor. Sebuah limit switch secara mekanik berupa tombol switch tekan yang dipasang pada suatu ujung batang atau bagian mekanik tertentu dan akan teraktifkan saat batang atau bagian mekanik tersebut menyentuh ujung batas yag diinginkan. Contohnya pembuka pintu garasi otomatis, yang perlu diketahui oleh pengontrol hanya apakah pintu sudah terbuka penuh atau tertutup penuh. Limit switch dapat mendeteksi kedua kondisi tersebut.

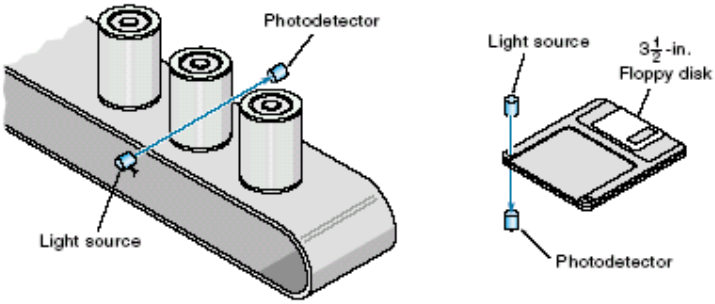
Limit switch digunakan pada banyak aplikasi tetapi memiliki dua kelemahan yaitu : (1) Sebagai alat mekanik limit switch lambat laun akan aus oleh penggunaan (2) Memerlukan gaya tertentu untuk mengaktifkannya.

Proximity sensor yang lain yang tidak mengalami masalah ini adalah jenis optik, maganetik dan ultrasonik yang mendeteksi jarak dari suatu obyek yang mendekat. Tetapi jenis-jenis ini memerlukan peralatan elektronik tambahan.

Optical Proximity Sensor

Optical Proximity Sensor sering disebut interrupters, sensor ini menggunakan sebuah sumber cahaya dan sebuah sensor cahaya yang dipasang sedemikian rupa sehingga obyek yang akan dideteksi memotong lintasan cahaya. Gambar 2.15 memperlihatkan dua aplikasi yang mempergunakan photodetector. Pada Gambar 2.15 (a) sebuah photodetector menghitung jumlah kaleng pada sebuah deretan perakitan, dan pada Gambar 2.15 (b) sebuah photodetector menentukan apakah lubang read-only pada sebuah floppy disk terbuka atau tertutup.

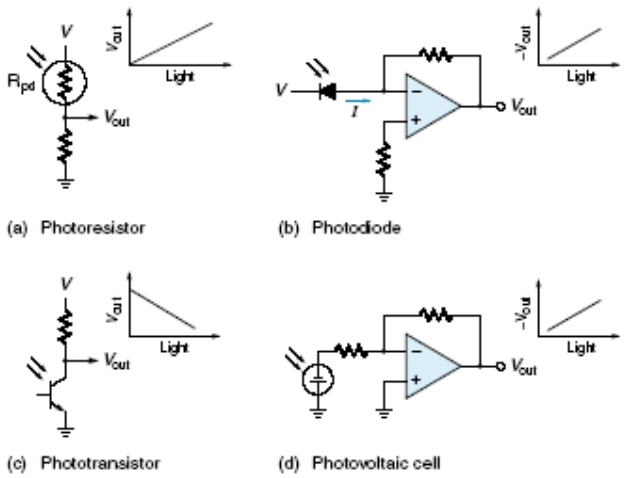
Optical proximity sensor biasaya sering menggunakan sebuah reflektor pada suatu sisi yang memungkinkan detektor dan sumber cahaya dipasang pada sisi yang sama. Serta sumber cahaya dapat dimodulasikan untuk memberikan berkas penanda yang unik sehingga detektor dapat membedakan antara berkas dan cahaya sekitar.



Gambar. 2.15 Dua aplikasi photodetector

Empat tipe photodetektor yang sering digunakan adalah photoresistor, photodioda, phototransistor dan photovoltaic cell. Sebuah photoresistor dibuat dari bahan Cadmium Sulfida (CdS) yang memiliki sifat bahwa tahanan atau resitansinya akan menurun saat tingkat cahaya yang mengenainya meningkat. Alat ini tidak terlalu mahal dan cukup sensitif, tahanannya dapat berubah dalam seperseratunya atau lebih saat dikenai cahaya dibandingkan di dalam gelap.

Gambar 2.16 (a) memperlihatkan rangkaian antarmuka, saat cahaya meningkat R_{pd} (Tahanan photodetector) akan menurun dan V_{out} meningkat. Sebuah photodioda adalah sebuah dioda peka cahaya. Jendela kecil menyebabkan cahaya jatuh langsung pada sambungan PN (PN *Junction*) yang pada tempat ini terjadi efek peningkatan arus kebocoran balik (*reverse-leakage current*). Pada gambar 2.16 (b) diperlihatkan photodioada dan rangkaian antarmukanya. Perlu diingat photodioad pada kondisi reverse biased sehingga arus kebocoran balik yang kecil harus dikonversikan menjadi tegangan penguatan oleh Operational Amplifier (Op-Amp).

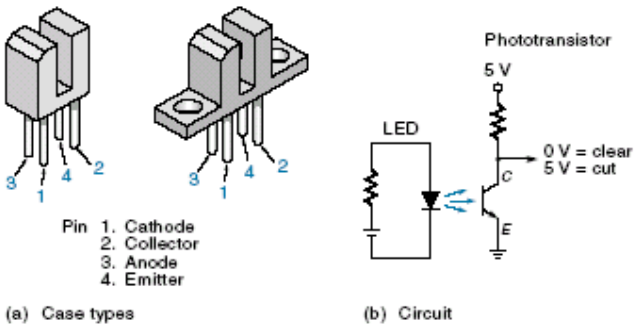


Gambar 2.16. Photodetector

Sebuah phototransistor (Gambar 2.16 c) tidak menggunakan basis. Cahaya secara efektif menghasilkan arus basis dengan membangkitkan pasangan elektron-hole di dalam sambungan Colector-Basis. Semakin banyak cahaya yang mengenai semakin menyala transistor.

Photovoltaic cell berbeda dengan sensor cahaya yang telah dibicarakan sejauh ini karena photovoltaic cell membangkitkan daya listrik dari cahaya. Semakin banyak cahaya yang mengenainya semakin tinggi tegangan yang dihasilkan. Sebuah sel surya adalah sebuah photovoltaic cell). Saat digunakan sebagai sensor, tegangankeluaran yang kecil biasanya dikuatkan sepertiyang terlihat pada gambar 2.16 (d).

Beberapa aplikasi optical proximity sensor yang disebut slotted coupler atau disebut optointerrupt (Gambar 2.17). Jenis ini didalamnya sudah termasuk sumber cahaya dan detektor dalam satu kemasan. Saat sebuah benda bergerak menuju slot, lintasan cahaya terputus. Jenis ini terdiri dari berbagai variasi rumah-rumahan (housing) [Gambar 2.17 (a)]. Untuk mengoperasikannya, daya harus diberikan pada LED dan sinyal keluaran berupa cahaya diterima oleh phototransistor. Pengerjaan ini dilakukan oleh rangkaian yang ditunjukkan pada Gambar 2.17 (b), rangkaian ini menyediakan keluaran level TTL (5 V atau 0 V). Saat slot terbuka berkas cahaya mengenai transistor menyalakannya phototransisotr yang ter-ground pada collector. Saat berkas terhalangi transistor mati dan colletor tertarik sampai 5V oleh resistor.

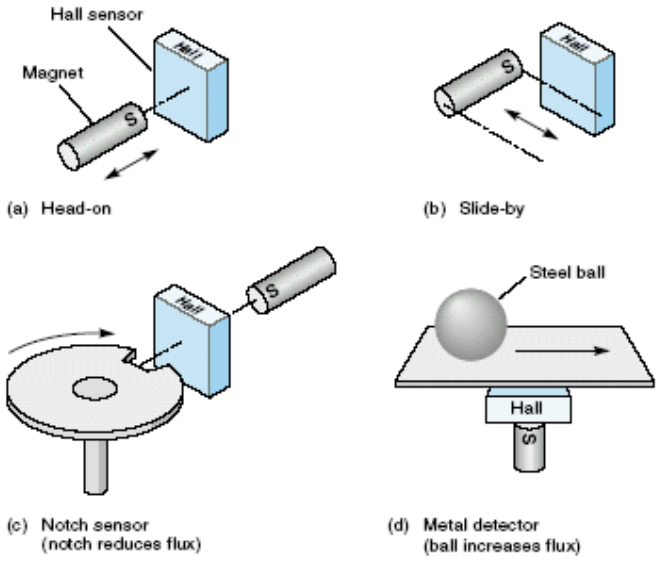


Gambar 2.17. Contoh Optical Slotted

Sensor optik memiliki keuntungan yaitu baik sumber cahaya, obyek yang akan dideteksi dan detektor tidak harus berdekatan. Sebagai contoh sistem anti maling. Sumber cahaya ditempatkan pada satu sisi ruangan, pencuri berada ditengah-tengah dan detektor berada di sisi yang lain. Sifat ini menjadi penting saat tidak ada permukaan pemasangan yang cukup dekat dengan bagian yang diukur. Di sisi lain tetap menjaga lensa bersih merupakan masalah dalam kondisi pembuatan.

Hall-Effect Proximity Sensor

Pada tahun 1979 E.H Hall pertama kami mengemukakan suatu efek atas namanya. Ia menemukan sifat khusus dari tembaga yang kemudian disebut semikonduktor: Tembaga menghasilkan tegangan saat berada pada medan magnetic. Pernyataan ini berlaku untuk jenis germanium dan indium. Efek Hall mula-mula digunakan untuk watt meter dan gauss meter, sekarang digunakan secara luas untuk sensor jarak (proximity sensor). Gambar 2.18 memperlihatkan jenis-jenis aplikasinya. Pada setiap aplikasi ini Hall-Effect sensor mengeluarkan tegangan saat medan magnetic meningkat. Peningkatan medan magnetic ini terjadi dengan menggerakan sebuah magnet atau mengubah lintasan medan magnetic (tetapi besar tegangan hal tidak tergantung pada pergerakan medan magnetik hanya bergantung akan keberadaannya saja)



Gambar 2.18 Jenis-jenis aplikasi Hall-Effect Sensor

Gambar 2.19 memperlihatkan bagaimana Efek Hall bekerja. Mula-mula sebuah sumber tegangan luar digunakan untuk membangkitkan arus (I) di dalam kristal semikonduktor. Tegangan keluaran (V_H) diindera oleh sisi-sisi kristral, tegangan ini tegak lurus dengan arah arus. Saat medan magnetik didekatkan, muatan negative dideflesikan ke satu sisi dan menghasilkan tegangan. Hubungan tengan dan arus ini dapat dinyatakan dengan persamaan :

$$V_H = \frac{KIB}{D}$$

dengan

VH = Tegangan efek Hall
K = Konstanta (tergantung pada bahannya)
I = arus dari sumber tegangan luar
B = Kerapatan fluks magnetik