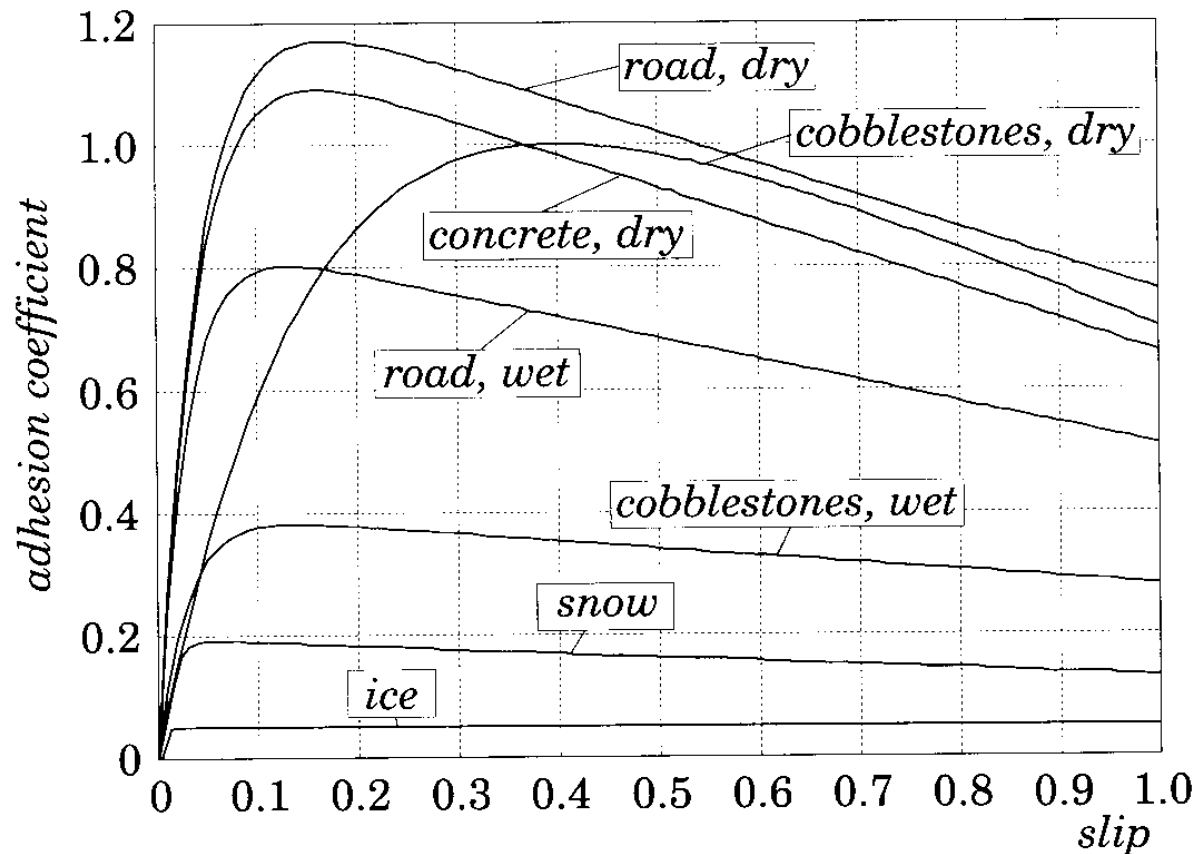

Controllo ABS

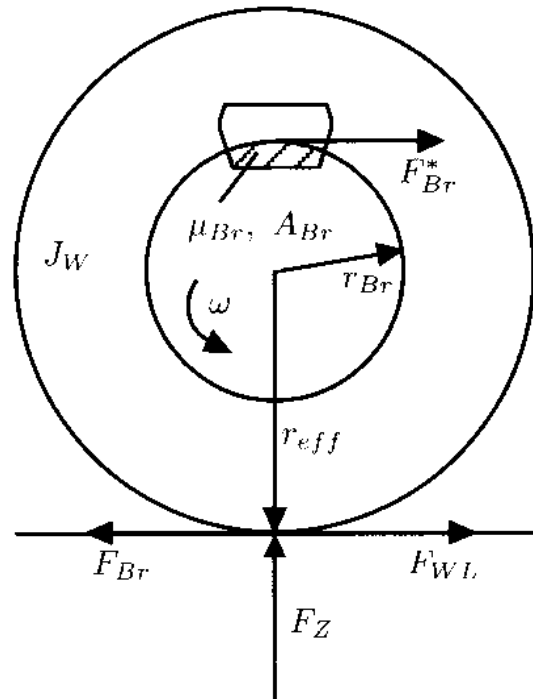
Controllo ABS

L'ABS punta a minimizzare lo spazio di frenata e a garantire la guidabilità dell'auto durante la frenata.

La minore distanza di frenata si raggiunge quando le ruote operano con allo slittamento a cui corrisponde il massimo coefficiente di attrito μ .



Forze agenti sulle ruote



- F_{Br}^* braking force at brake disc
- r_{Br} effective braking radius
- μ_{Br} Friction co-efficient of brakes
- A_{Br} brake area
- p_{Br} braking pressure
- $F_{Br} = F_{Br}^* \cdot \frac{r_{Br}}{r_{eff}}$ brake force at wheel contact
- T_{Br} brake torque at wheel contact
- ω rotational wheel speed
- J_W wheel moment of inertia
- F_Z wheel ground contact force
- $F_{WL} = \mu_L(s) \cdot F_Z$ friction force
- $T_{WL} = r_{eff} \cdot F_{WL}$ friction torque

Coefficiente di attrito:

$$\mu_L = \frac{F_{WL}}{F_Z}$$

Slittamento (slip):

$$s_L = \frac{v_r - v_{CoG}}{v_{CoG}}$$

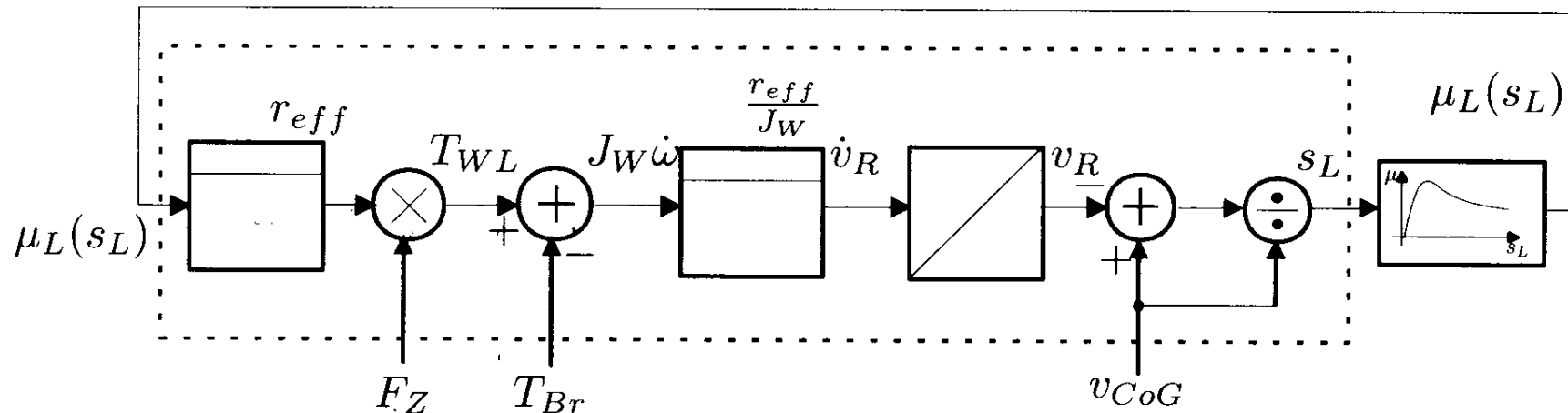
Nei freni idraulici la coppia dei freni dipende dalla pressione p_{Br} applicata:

$$T_{Br} = F_{Br} \cdot r_{eff} = r_{Br} \cdot \mu_{Br} \cdot A_{Br} \cdot p_{Br} = r_{eff} \cdot k_{Br} \cdot p_{Br}$$

Coppie agenti sulle ruote

Trascurando la coppia del motore, il bilancio delle coppie sulle ruote è:

$$J_W \dot{\omega} = r_{eff} \cdot \mu_L(s_L) \cdot F_Z - r_{eff} \cdot k_{Br} \cdot p_{Br}$$

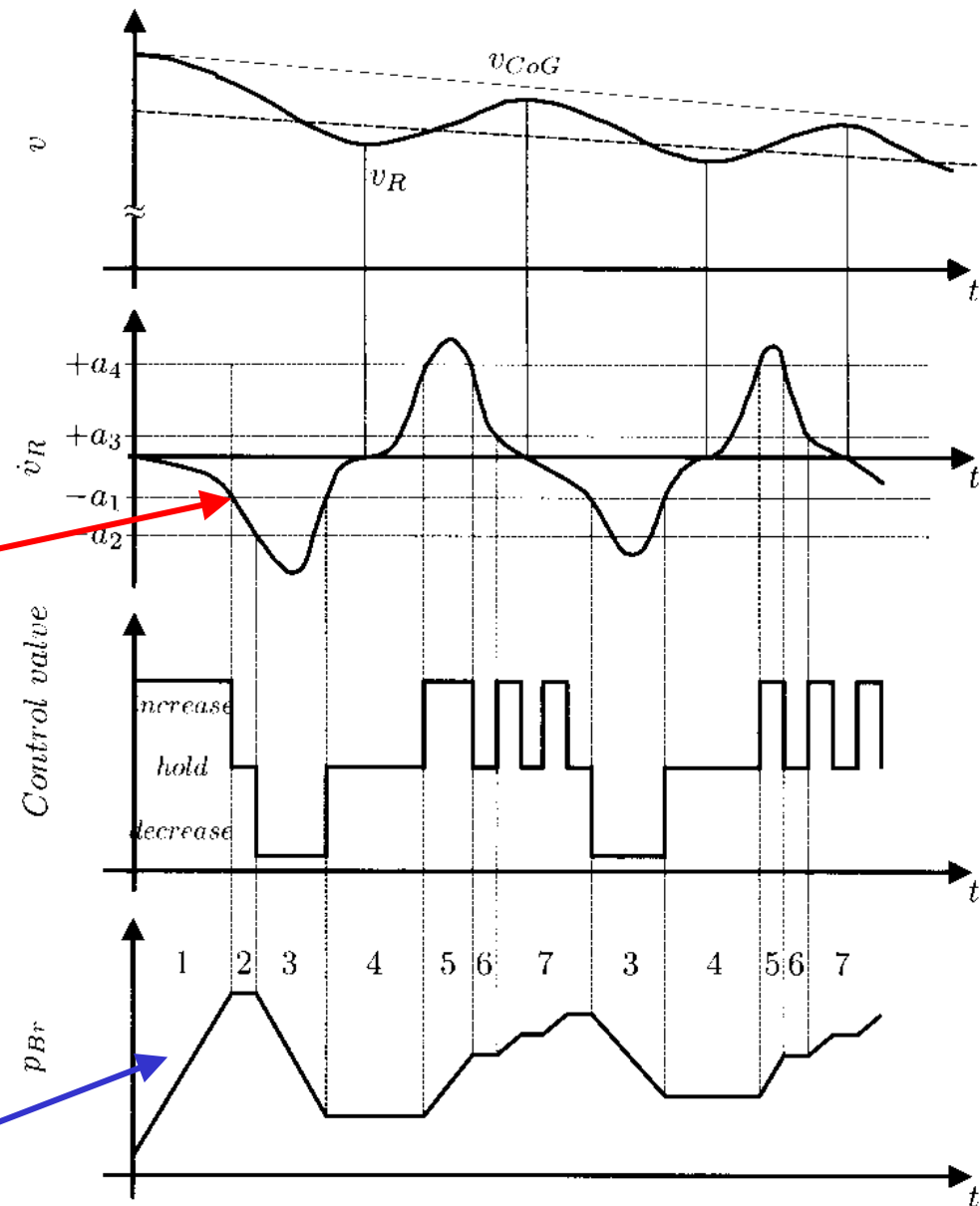


Aumentando la pressione p_{Br} aumenta la coppia applicata ai freni. Quando la differenza tra la coppia di attrito con il suolo e quella impressa dai freni è negativa, le ruote decelerano, la loro velocità v_R inizia a calare e lo slittamento s_L (in modulo) aumenta: il coefficiente di attrito $\mu_L(s_L)$ prima cresce, poi raggiunge un massimo e quindi cala. In assenza di controllo le ruote decelerano rapidamente e si bloccano.

Fasi del controllo del sistema ABS: fase 1

Frenando si incrementa la pressione dei freni.

Il punto di massimo attrito si ha quando l'accelerazione della ruota (dv_R/dt) scende sotto una determinata soglia a_1 .

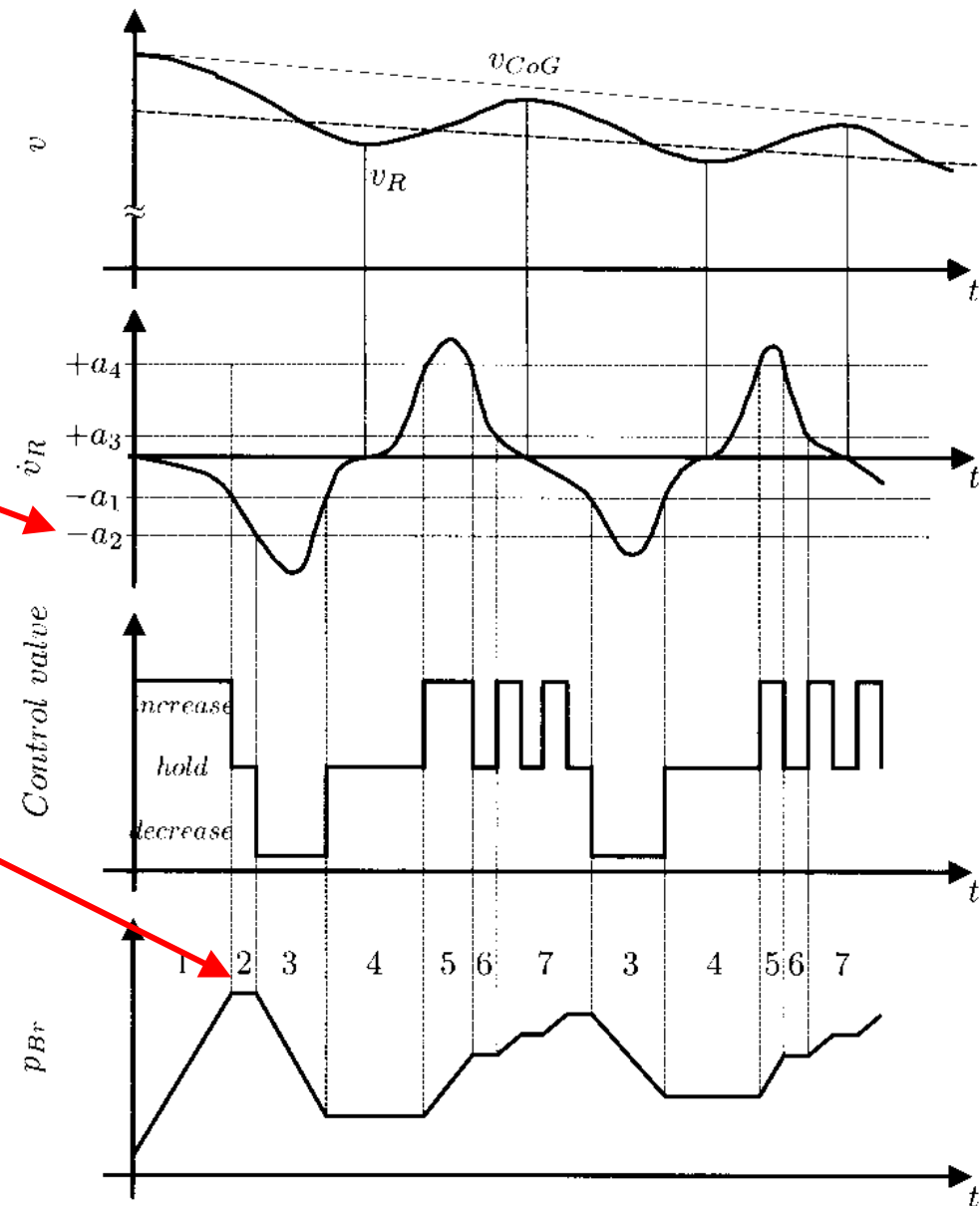


Pressione in aumento

Fase 2

Nel primo ciclo di controllo si ha anche una sottosoglia a_2 e tra a_1 e a_2 la pressione viene tenuta costante.

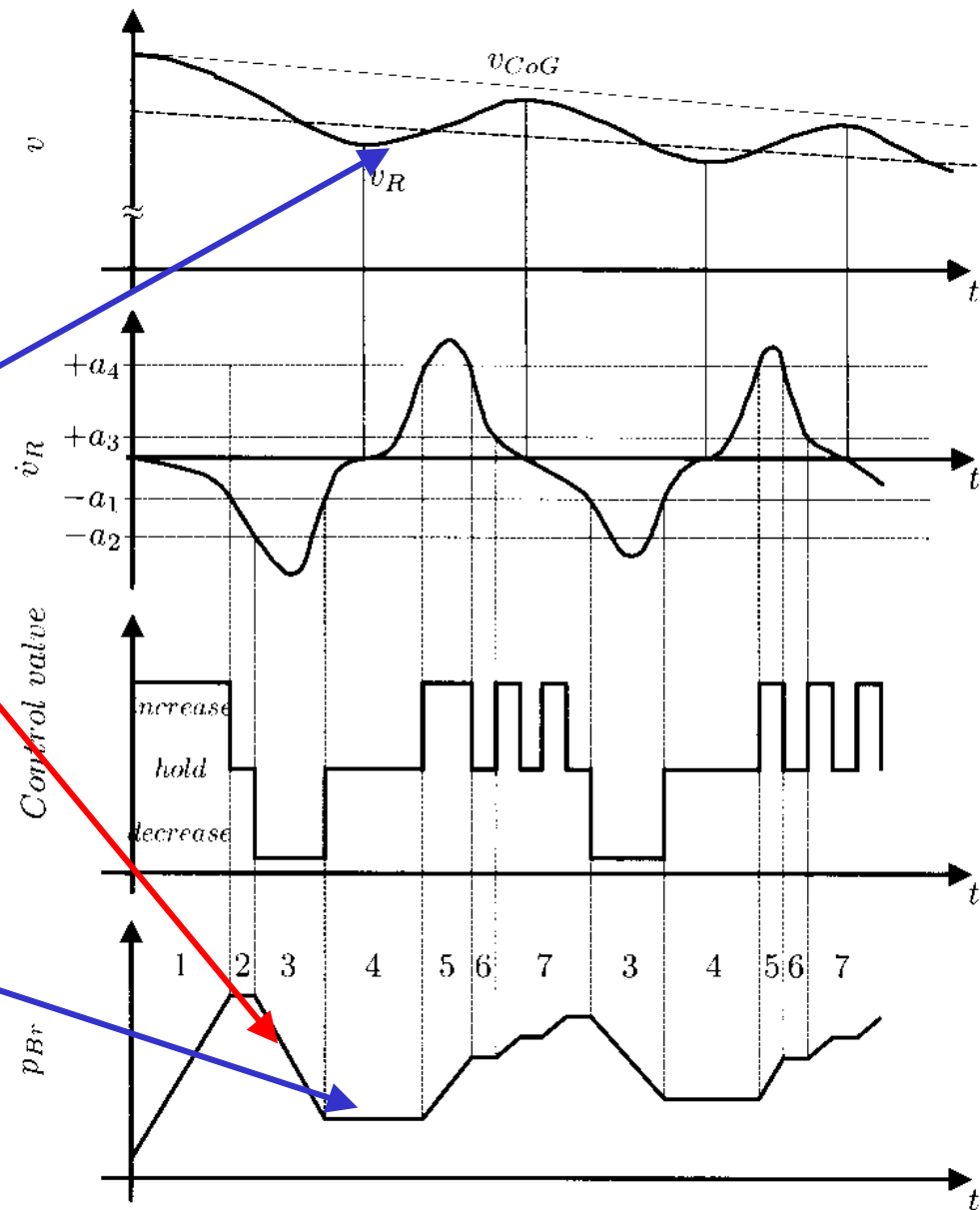
L'introduzione di questa sottosoglia serve per sopprimere eventuali disturbi.



Fasi 3 e 4

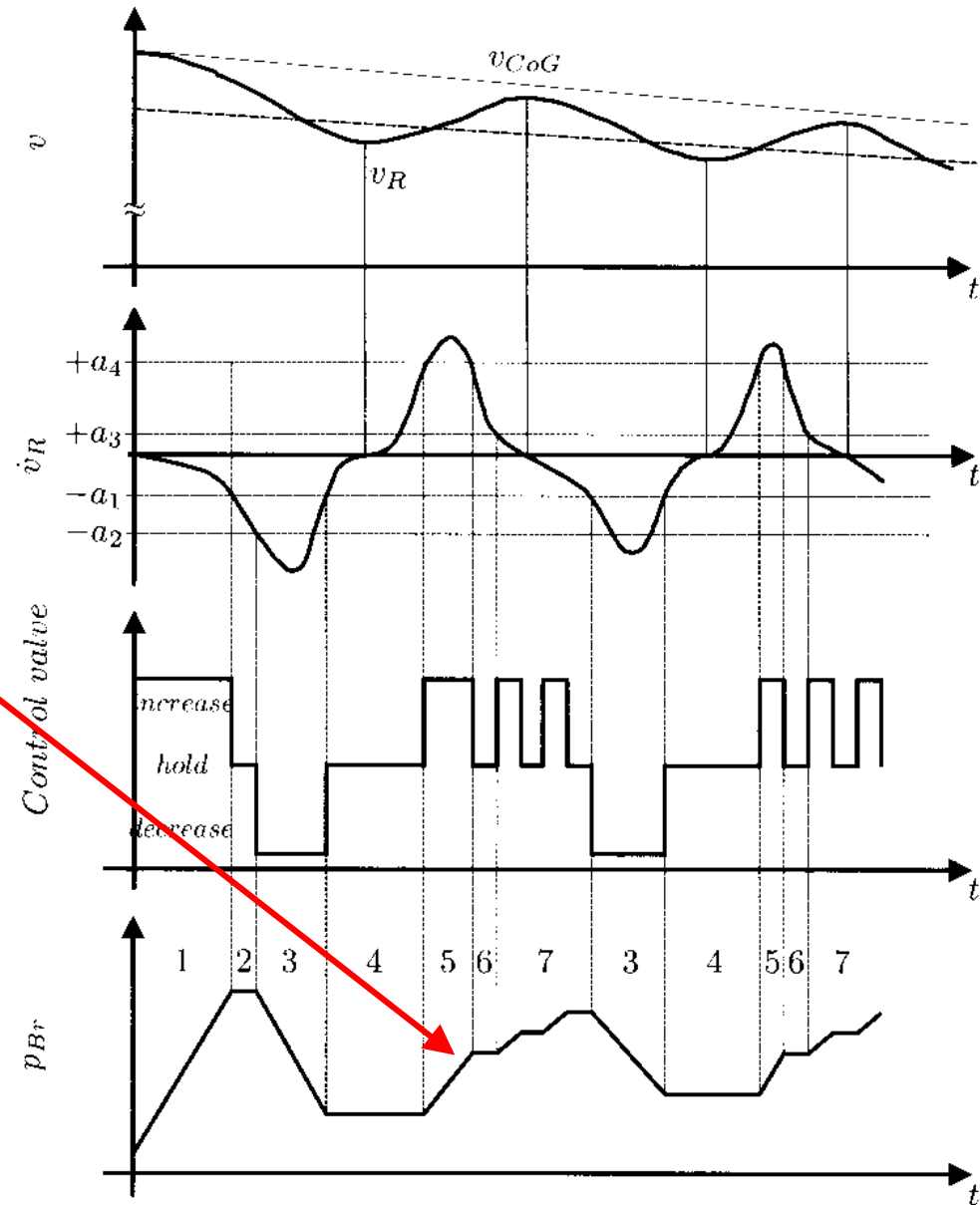
Fase 3. Oltre a_2 la pressione decresce.

Fase 4. La ruota riacquista velocità e raggiunta nuovamente la soglia a_1 la pressione viene bloccata.



Fase 5

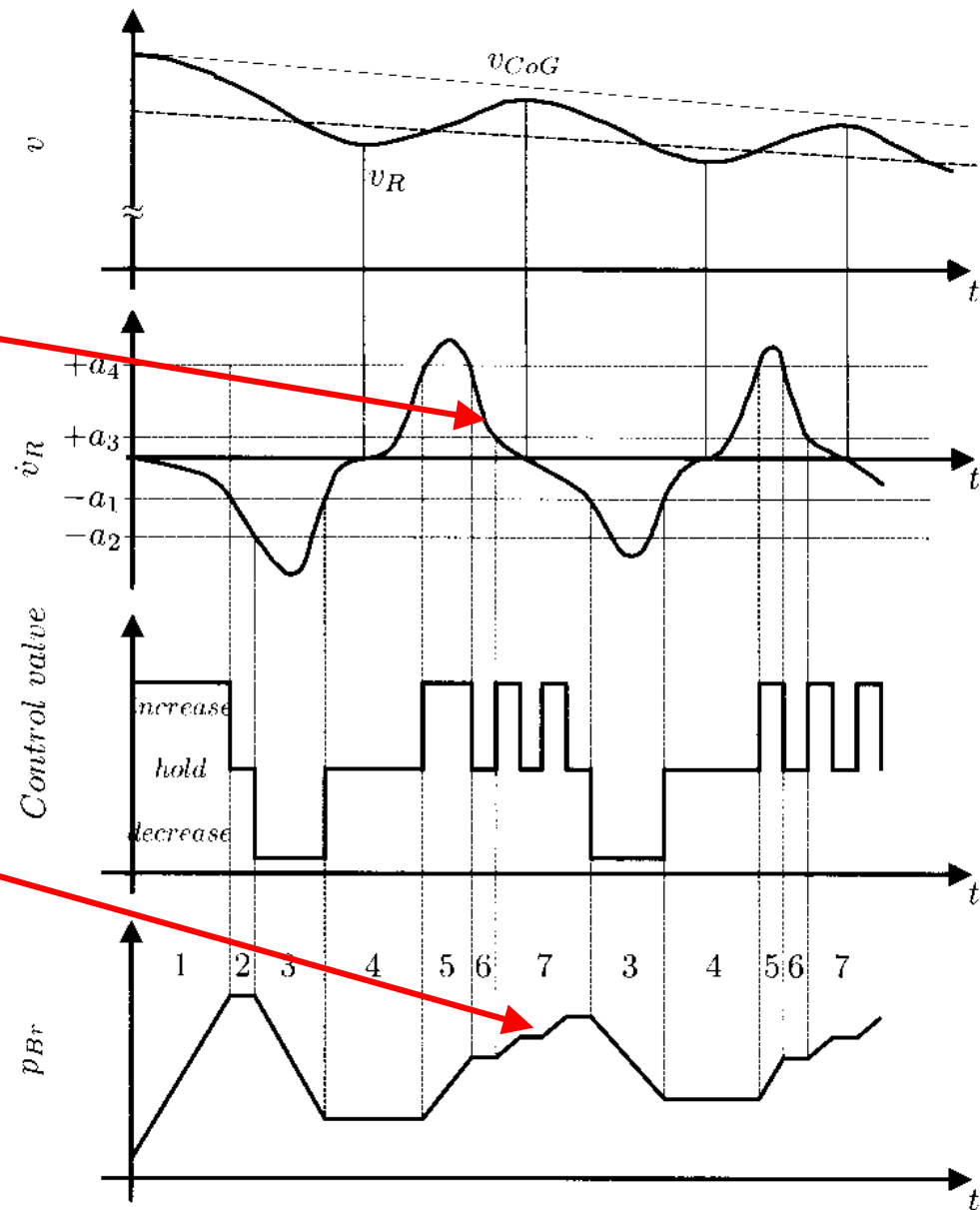
Quando l'accelerazione supera la soglia a_4 la pressione riprende a salire per impedire che il valore dello slittamento torni ad essere troppo basso.



Fasi 6 e 7

Fase 6. Tra a_4 e a_3 la pressione viene tenuta costante.

Fase 7. Sotto ad a_3 la pressione cresce lentamente.

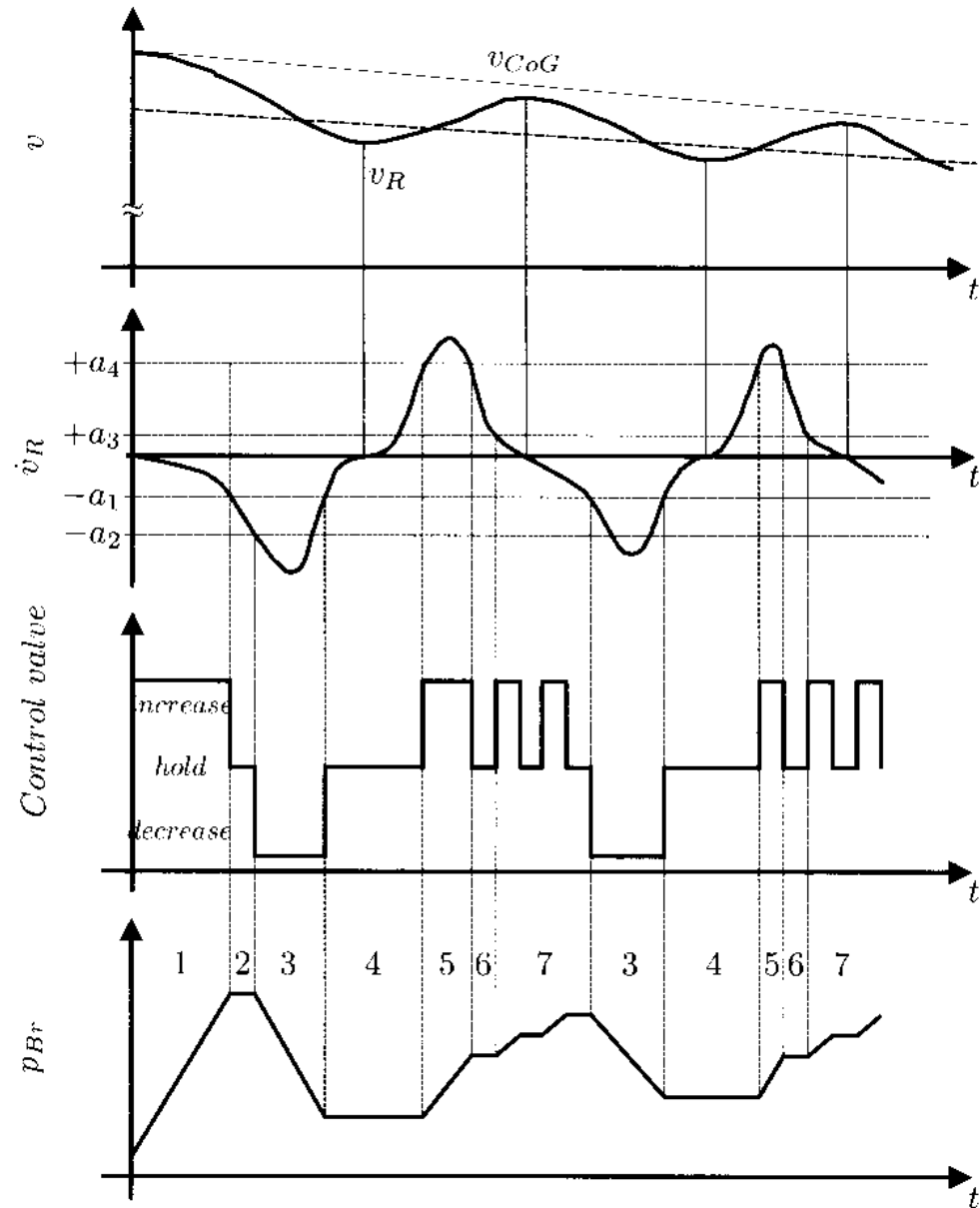


Restart del ciclo

Le fasi di riprendono dal punto 3 trascurando però la soglia a_2 che è utilizzata solo nel primo ciclo. Attraverso tali cicli la rotazione viene mantenuta in un'area dove lo slittamento s_L è quello corrispondente al massimo coefficiente di attrito. In alcuni casi le ruote potrebbero bloccarsi prima di raggiungere la soglia a_1 . Allora, indipendentemente dal ciclo, la pressione viene diminuita per valori:

$$v_R < (1 - s_{L,max}) v_{CoG}$$

così che un valore di slittamento massimo $s_{L,max}$ non sia superato anche se il coefficiente d'attrito massimo non viene raggiunto.



I sistemi ABS convenzionali si scontrano presto con il problema della non linearità del sistema durante la frenata.

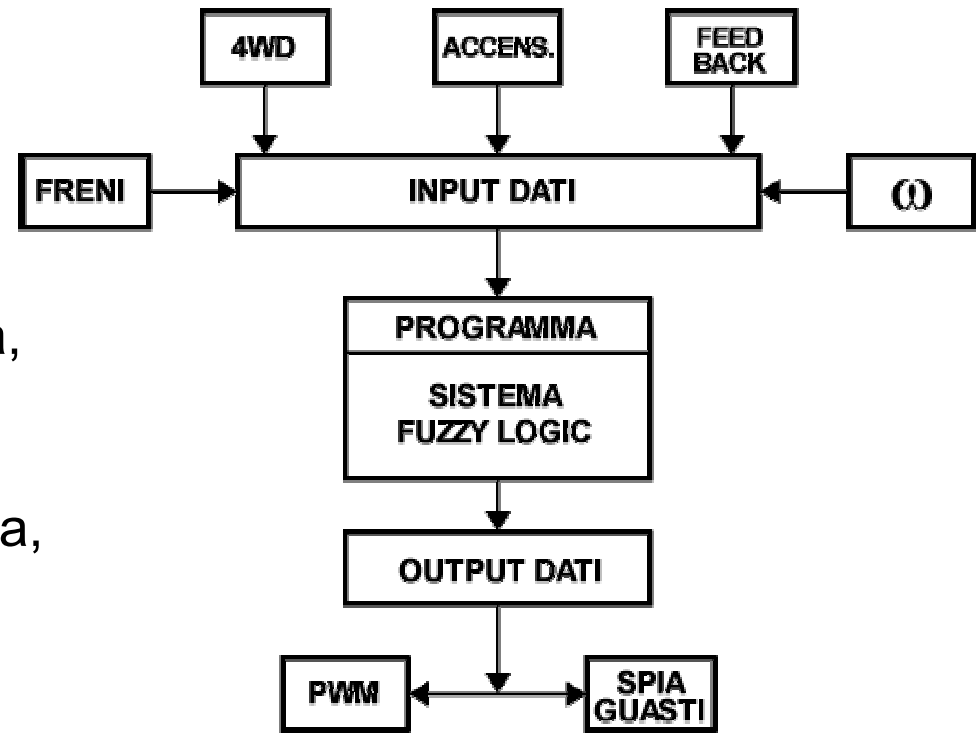
- Coppia frenante disomogenea, dovuta alle variazioni di temperatura e dall'efficienza del fluido usato per trasmettere la forza (olio o aria).
- Fondo stradale variabile.
- Diversità dei pneumatici e del coefficiente di attrito da modello a modello.
- Usura dei pneumatici.
- Variazione della geometria delle sospensioni e quindi dell'impronta a terra e comportamento della gomma.
- Svariate altre cause di non linearità.

La logica fuzzy è uno strumento che può essere idoneo ad affrontare questi casi. La logica di controllo viene descritta con un linguaggio basato su regole linguistiche ed è di facile calibrazione e implementazione.

Logica Fuzzy e ABS (2)

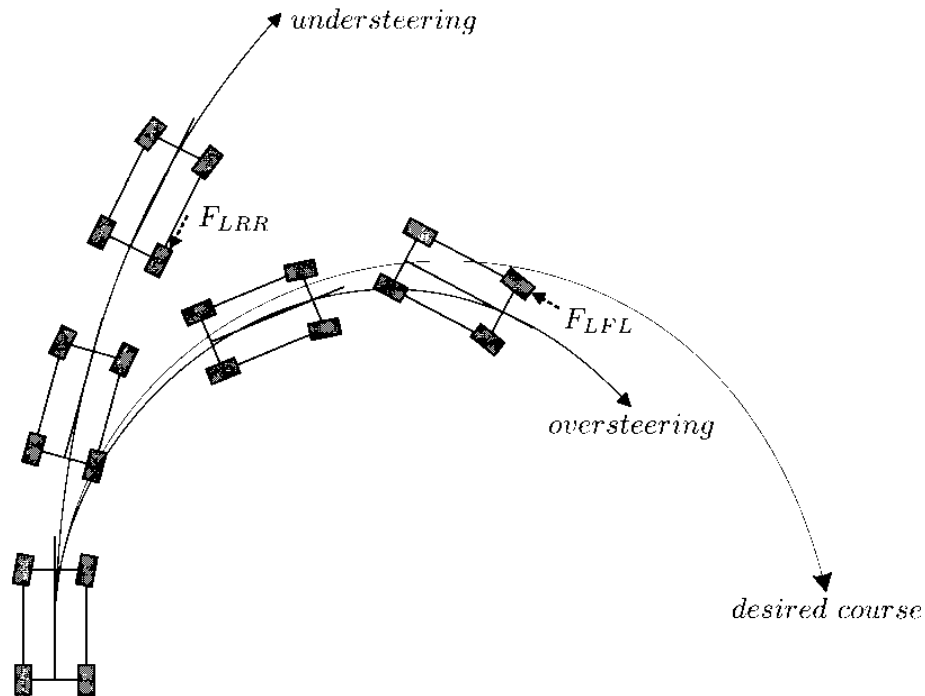
Possibile schema a blocchi per implementare l'ABS in logica Fuzzy:

- **Freni:** forza impressa al pedale del freno.
- **4WD:** indica la (eventuale) trazione integrale inserita.
- **Accensione:** indica se il motore è acceso (es. auto in discesa a motore spento).
- **Feedback:** valori di stato del sistema, per conoscere le reazioni ai controlli attuati.
- ω : velocità angolare di ciascuna ruota, cioè n segnali in ingresso dove n è il numero delle ruote (singole o gemellate).
- **output PWM:** controllo per modulare la coppia frenante di ogni ruota, con frequenza e duty cycle gestibili via software.



Controllo dell'Imbardata (1)

L'angolo di sterzata viene impresso alle ruote attraverso lo sterzo e nel caso di inopportuno angolo di slittamento laterale del veicolo, il conducente tenta di correggere gli errori agendo sullo sterzo. Nel caso di situazioni critiche si possono imprimere alle ruote opportune forze F_{Lij} attraverso brevi azioni frenanti sulle singole ruote.



Si può utilizzare una legge di controllo basata sull'uso di una matrice di feed-back che deve essere ricalcolata per ogni punto di lavoro e che utilizza il calcolo delle costanti di slittamento dei pneumatici, la stima della velocità e l'osservazione dell'angolo di slittamento laterale del veicolo.

Controllo dell'Imbardata (2)

L'accelerazione laterale a_y è limitata dal coefficiente di attrito μ_s . In linea di principio, se l'angolo di slittamento laterale fosse nullo, il veicolo potrebbe avere anche un'accelerazione laterale di $9,81 \mu_s \text{ m/s}^2$. La massima accelerazione laterale possibile viene posta pari a:

$$a_{Y \max} = \mu_s \cdot 8 \text{ m/s}^2$$

L'angolo di slittamento laterale è limitato dalla velocità del veicolo:

$$\beta_{\max} = 10^\circ - 7^\circ \cdot \frac{v_{CoG}^2}{(40 \text{ m/s})^2}$$

