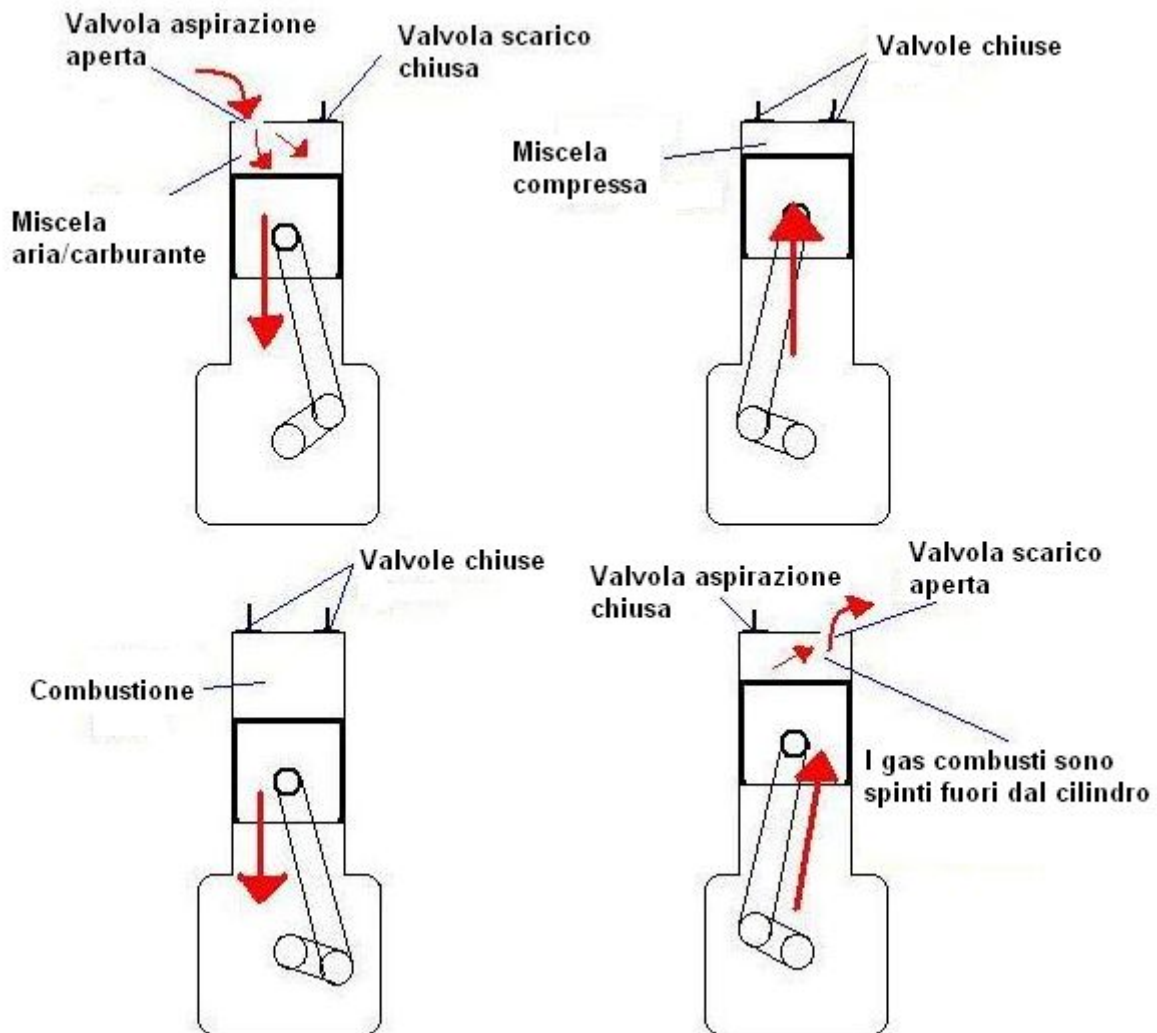


Motore a 4 tempi ad accensione comandata

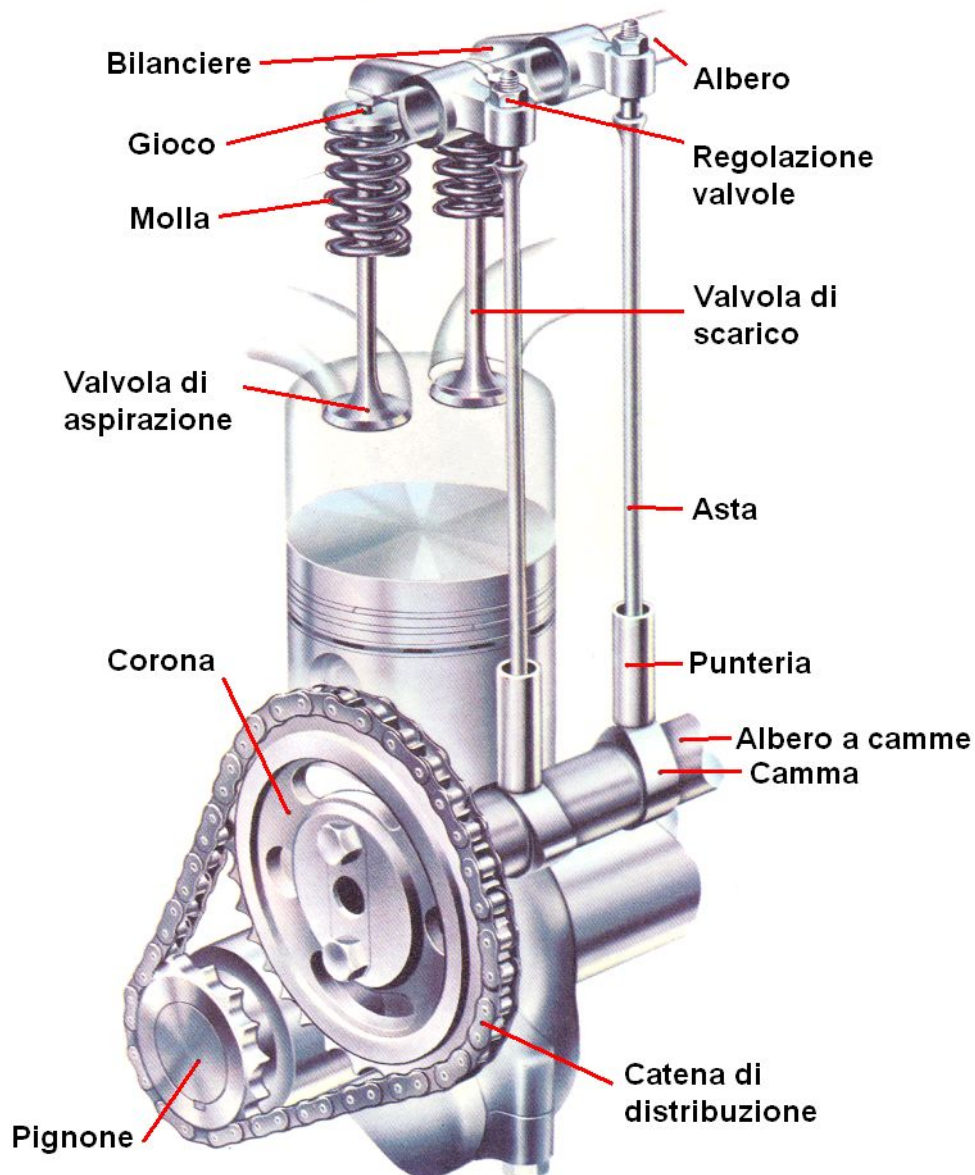
Questo tipo di motore ha sostituito il motore a 2 tempi in diverse applicazioni relegando l'utilizzo di quest'ultimo in particolari settori; i principali vantaggi del motore a 4 tempi sono fondamentalmente il minor consumo specifico dovuto principalmente alle minori perdite allo scarico di gas freschi e le minori emissioni inquinanti dovute alla lubrificazione non "a perdita" come nel 2 tempi.

Il ciclo termodinamico del motore a 4 tempi si completa in 2 giri dell'albero motore equivalenti a 4 corse del pistone; le varie fasi vengono spiegate qui di seguito:

- Aspirazione: quando il pistone si trova al PMS ed inizia a scendere verso il PMI si apre la valvola di aspirazione e viene aspirata la miscela aria-carburante proveniente dal collettore di aspirazione (se il motore è ad iniezione diretta viene aspirata soltanto aria); l'ingresso della miscela viene favorito dalla depressione creata dal moto del pistone
- Compressione: quando il pistone si trova al PMI la valvola di aspirazione si chiude ed il pistone inizia la fase di risalita verso il PMS
- Espansione: quando il pistone si trova quasi al PMS la candela dà inizio alla combustione che si propaga a tutta la miscela contenuta nella camera di scoppio; entrambe le valvole sono chiuse. Si ha un brusco aumento di temperatura (2000 °C) che provoca di conseguenza un aumento di pressione che spinge il pistone verso il PMI
- Scarico: quando il pistone raggiunge il PMI si apre la valvola di scarico ed il pistone risale espellendo i gas combusti.



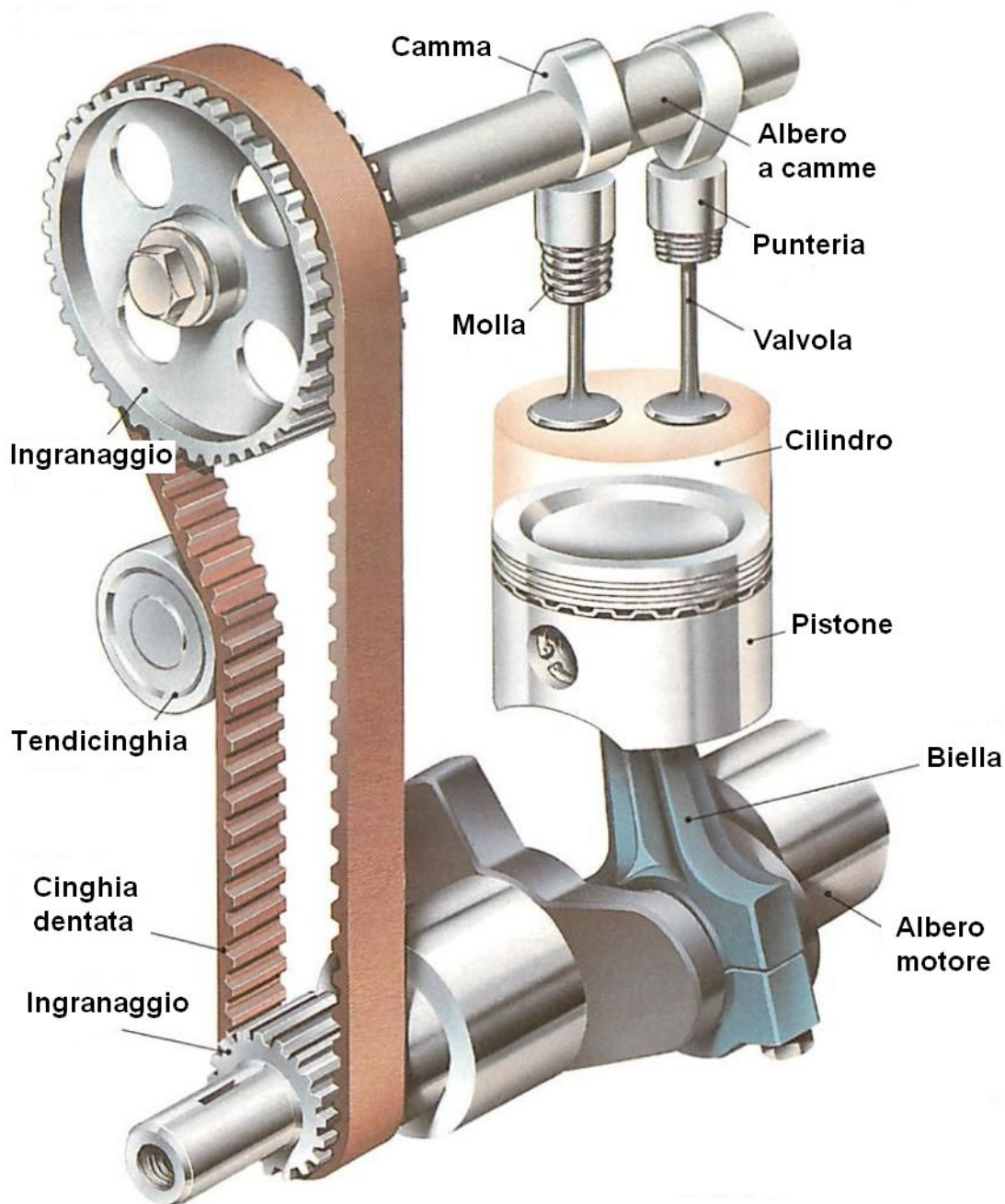
Il motore a 4 tempi è strutturalmente più complesso del 2 tempi per la presenza delle valvole di aspirazione e scarico e di tutti gli organi che si occupano del loro movimento; tali organi prendono il nome di distribuzione.



La distribuzione in figura viene detta “ad aste e bilancieri”; in questo caso l'albero a camme si trova nel basamento ed il movimento viene trasmesso alle valvole tramite lunghe aste. Come si vede la rotazione dell'albero a camme avviene tramite un sistema formato da una catena e da una coppia di ingranaggi; chiaramente il numero di denti dell'ingranaggio più grande è doppio rispetto a quello dell'ingranaggio più piccolo.

Tale sistema è oramai superato dai sistemi con albero a camme in testa. Viene comunque ancora adottato in motori semplici e poco costosi nei quali non è necessario raggiungere alti regimi di rotazione.

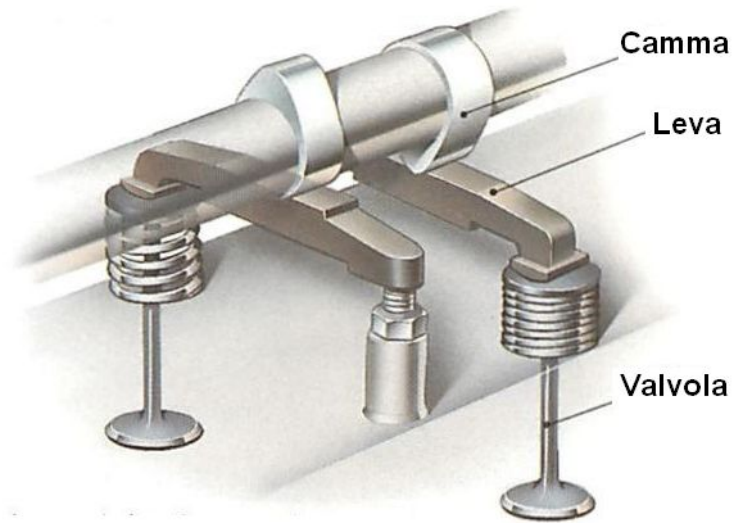
Attualmente i motori adottano uno o due alberi a camme posizionati all' interno della testa; la rotazione di tale albero avviene per mezzo di una catena o di una cinghia dentata.



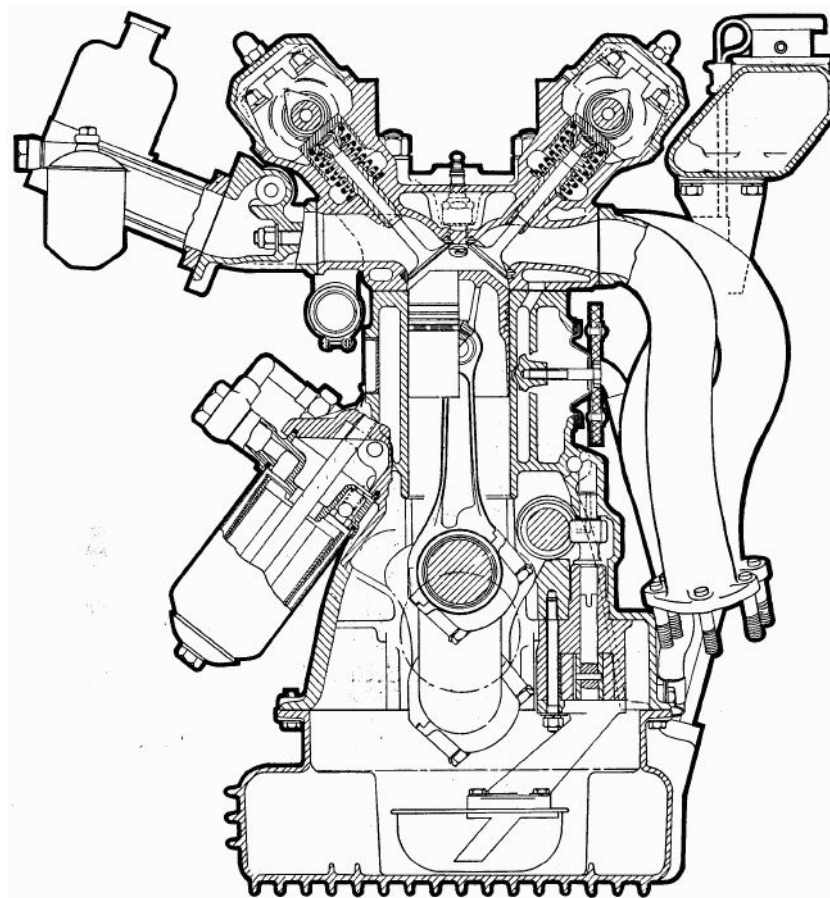
Lo schema in figura è uno di quelli attualmente più adottati; la cinghia dentata è economica e garantisce silenziosità di funzionamento anche se necessita di sostituzione ad intervalli di 80000-120000 km.

La presenza della dentatura impedisce scorrimenti in quanto la rotazione dell'albero a camme deve essere in fase rispetto a quella dell'albero motore per evitare contatti disastrosi tra valvole e pistone. Nel motore in figura le camme muovono direttamente le valvole tramite una punteria che può essere di tipo idraulico per evitare interventi di regolazione periodica.

In altre configurazioni il moto viene trasmesso alla valvola tramite delle piccole leve ad un'estremità delle quali è presente un registro che permette di regolare il gioco delle valvole.



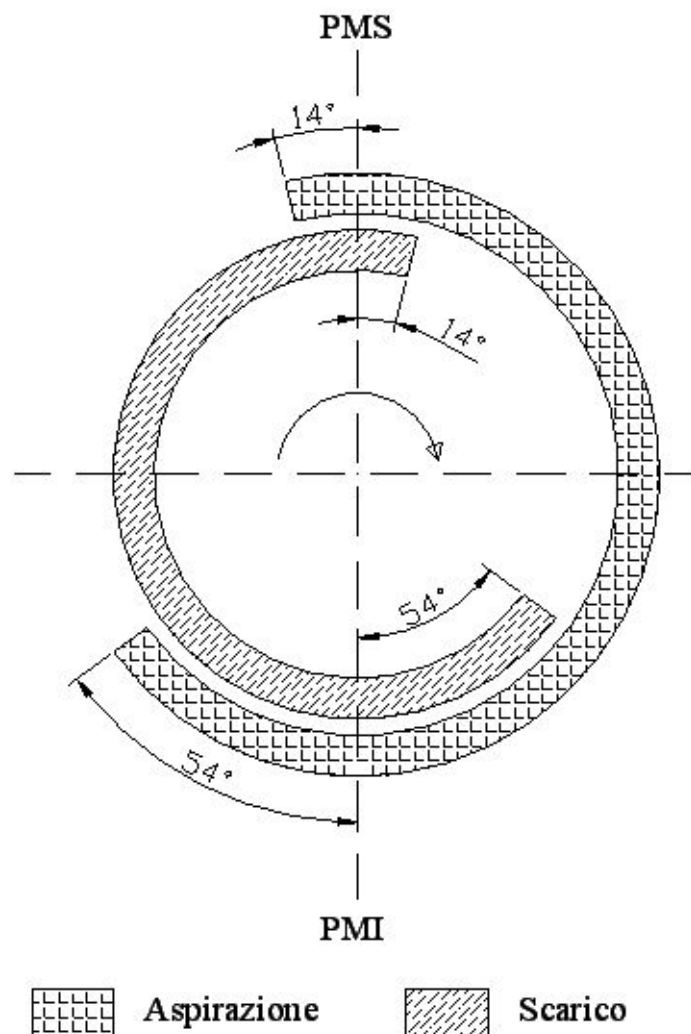
La configurazione più sofisticata è quella prevede due alberi a camme in testa che azionano direttamente le punterie



Anticipo e posticipo di apertura e chiusura delle valvole: nella realtà le valvole non si aprono e chiudono in corrispondenza dei punti morti (PMS e PMI); se consideriamo la valvola di aspirazione al PMI vediamo che la miscela gassosa che entra dalla valvola ha una certa inerzia che permette l'ingresso di una parte di miscela anche durante la risalita del pistone. Per questo la valvola viene chiusa con un certo ritardo.

Caso analogo si ha quando il pistone scende verso il PMI alla fine della fase di espansione: il lavoro perso con l'apertura anticipata della valvola viene compensato dalla minor energia richiesta al motore per spingere i gas combusti al di fuori del cilindro.

Nella figura seguente vediamo il diagramma polare relativo ad un albero a camme di un motore di un'autovettura; nella documentazione tecnica gli angoli di apertura e chiusura vengono indicati con 14° - 54° e 54° - 14° . Entrambe le valvole restano quindi aperte per 248° di rotazione dell'albero motore.

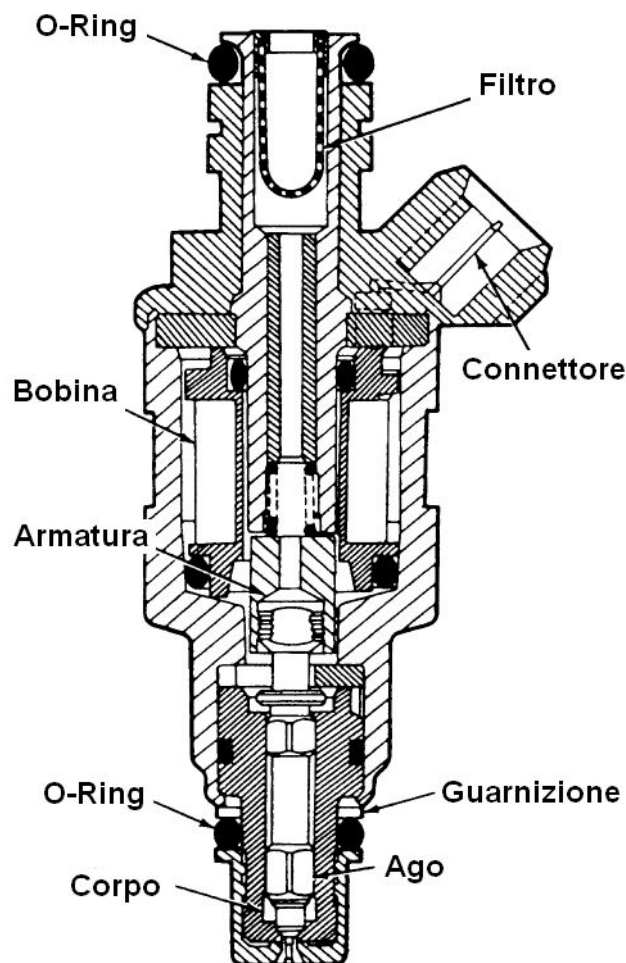


Tutti i sistemi di distribuzione elencati fino ad ora prevedono una fasatura degli alberi fissa; per ottimizzare il rendimento del motore ai diversi regimi di giri sarebbe preferibile poter variare la fasatura della distribuzione.

Esempi di distribuzione a fasatura variabile sono: VTEC (Honda), VVC (Rover), Valvetronic (BMW), MultiAir (Fiat).

Anticipo di accensione: per bruciare correttamente tutta la miscela contenuta nella camera di scoppio la scintilla della candela deve avvenire con un certo anticipo rispetto a quando il pistone raggiunge il PMS; tale anticipo varia da 6-10° al minimo dei giri fino ad un massimo che può raggiungere i 40°. Oltre al numero di giri vengono presi in considerazione il carico del motore, ovvero l'apertura della farfalla e la temperatura del motore. La variazione di tale anticipo è gestita dalla centralina elettronica (ECU).

Alimentazione: per motivi ecologici la maggior parte dei motori a 4 tempi non utilizza più il carburatore che viene attualmente usato soltanto in piccoli motori o per applicazioni in paesi dove le normative sono meno severe. Nella maggior parte delle applicazioni viene utilizzata la cosiddetta alimentazione ad iniezione indiretta dove nel collettore di aspirazione in prossimità di ciascuna valvola di aspirazione è presente un iniettore a solenoide

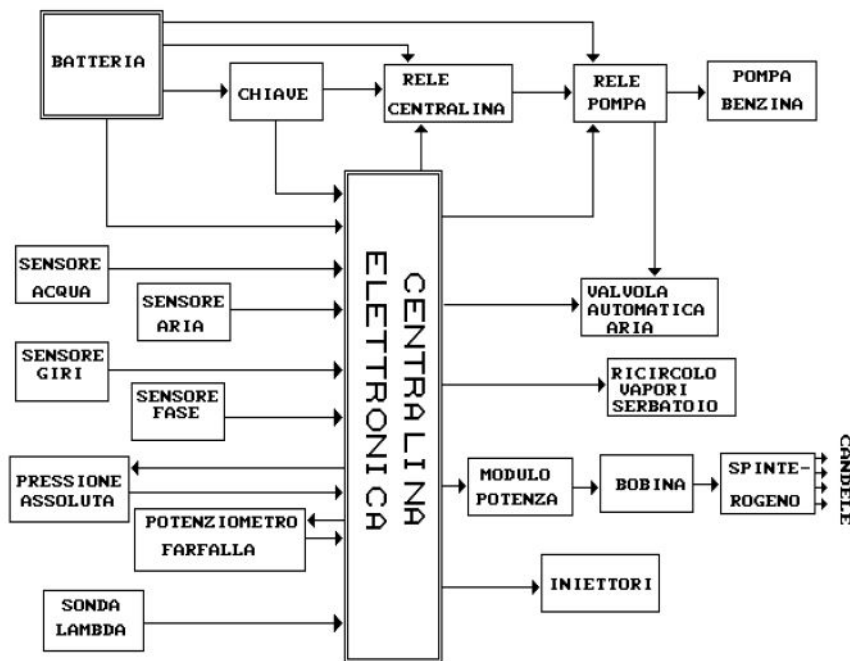


nel quale il carburante arriva ad una pressione stabilita e controllata dal regolatore di pressione presente nel circuito di alimentazione. Quando l'iniettore viene comandato dalla centralina esso permette il passaggio del carburante che viene vaporizzato nel collettore di aspirazione. Normalmente la portata degli iniettori viene indicata in questo modo

250cc/min @ 3bar

che indica che l'iniettore preso ad esempio può erogare 250cc di carburante al minuto se alimentato ad una pressione di 3 bar.

Lo schema del sistema che gestisce accensione e iniezione è il seguente



Lubrificazione: il motore a 4 tempi è inoltre dotato di un impianto di lubrificazione che preleva l'olio nella coppa (parte più bassa del motore) tramite una pompa e lo invia in pressione a tutte le parti che necessitano di lubrificazione; una volta fuoriuscito da queste parti l'olio ritorna nella coppa per gravità. La quantità di olio lubrificante consumata per il buon funzionamento del motore è quindi notevolmente inferiore a quanto visto per il motore a 2 tempi anche tenendo conto della sostituzione periodica del lubrificante. Talvolta esiste un serbatoio separato destinato a contenere l'olio motore; in questo caso si parla di motori a “carter secco”.

Controllo emissioni: per ridurre le emissioni inquinanti che per il motore ad accensione comandata si riducono fondamentalmente a CO, HC e NO_x non essendo presente, se non in misura minima, il particolato PM₁₀ nella quasi totalità dei motori si ricorre ad un sistema formato da un catalizzatore a 3 vie e da una sonda lambda. Il catalizzatore viene detto a tre vie perchè è in grado di ridurre contemporaneamente le emissioni dei tre inquinanti mentre la sonda lambda verifica se il rapporto aria/combustibile è quello ottimale per il corretto funzionamento del catalizzatore.