

E lectronica pentru **A** utomobile

Prelegerea nr. 3

3. CONTROLUL ELECTRONIC AL APRINDERII



Declanșarea electronică a aprinderii

DECLANȘAREA ELECTRONICĂ A APRINDERII

Contactul de aprindere al bobinei de inducție, precum și contactul de control al unei aprinderi tranzistorizate declanșate cu ruptor, vor fi supuse uzurii mecanice datorită funcționării intermitente deschis/închis. Punctul de aprindere nu va rămâne atât de constant cât s-ar dori pe durata perioadei de utilizare, ceea ce impune operațiuni de întreținere.

Pentru a înlătura aceste neajunsuri, contactul de comandă sau aprindere este înlocuit cu un sistem electronic cu sensor, fără contact, deci fără uzură (*“non contacting = non wearing”*) ce va controla tranzistorii comutatori din circuitul de aprindere electronică (*“trigger box”*).

Avantajele acestei soluții sunt următoarele:

- nu apare uzură;
- nu este necesară întreținerea (*“maintenance free”*);
- asigură semnale de aprindere uniforme;
- punctul de aprindere se menține constant (în același punct de funcționare).

Declanșarea aprinderii de tip inductiv

Principiul dispozitivului de declanșare a aprinderii de tip inductiv montat în distribuitorul de aprindere rezultă din figura 3.1.

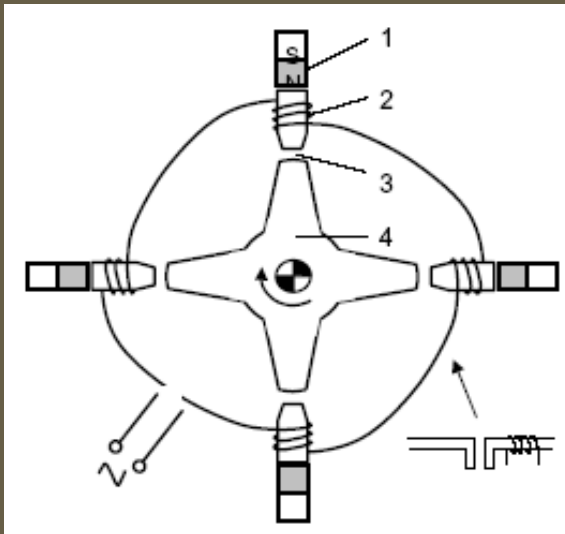


Figura 3.1

Magnetul permanent (1) și înfășurarea de inducție (2) formează statorul. Un rotor (4), de o formă adecvată, este montat pe axul distribuitorului și se rotește în dreptul statorului. Atât miezul înfășurării de inducție (2), cât și rotorul (4) sunt construite din oțel magnetic moale.

Ambele piese sunt prevăzute cu dinți proeminenți. Când rotorul se mișcă, întrefierul (3) dintre dinții rotorului și statorului se modifică în mod periodic. Variația fluxului magnetic determină apariția unei tensiuni electromotoare de inducție în înfășurarea de inducție (2).

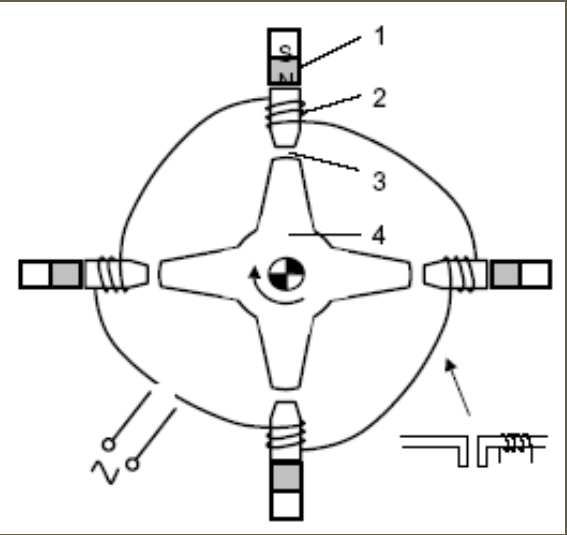


Figura 3.1

Pulsurile furnizate de generatorul astfel format sunt utilizate pentru a forma o tensiune alternativă ce este folosită pentru controlul aprinderii.

Frecvența tensiunii alternative corespunde frecvenței de repetiție a scânteilor. Forma de undă a tensiunii generate de dispozitiv este prezentată în figura 3.2.

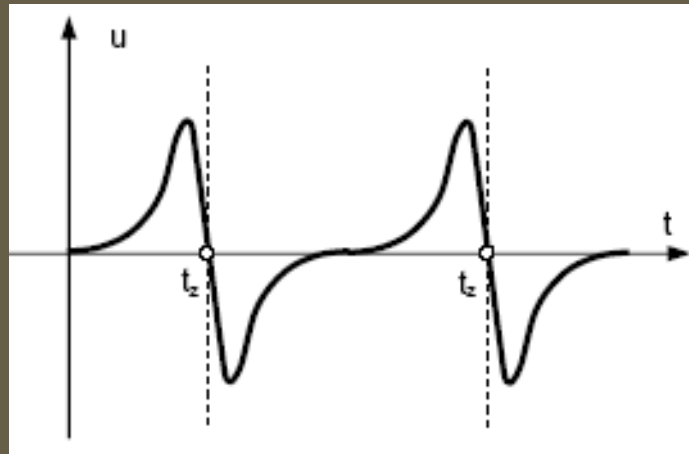


Figura 3.2

O altă posibilitate pentru formarea semnalului de declanșare a aprinderii, pe baza inducției este cea a generatorului de impulsuri montat pe arborele cotit. Principiul metodei rezultă din figura 3.3, iar forma de undă asociată este prezentată în figura 3.4.

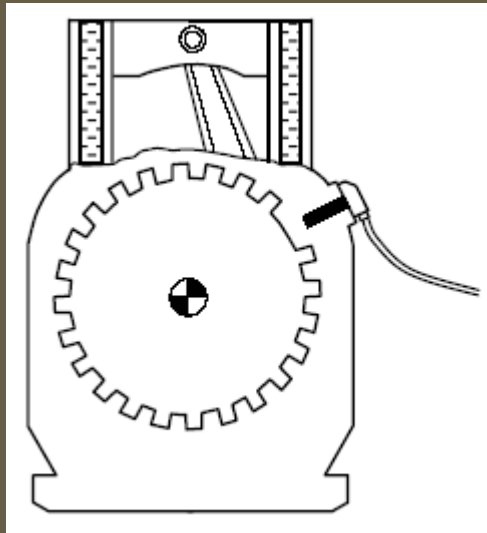


Figura 3.3

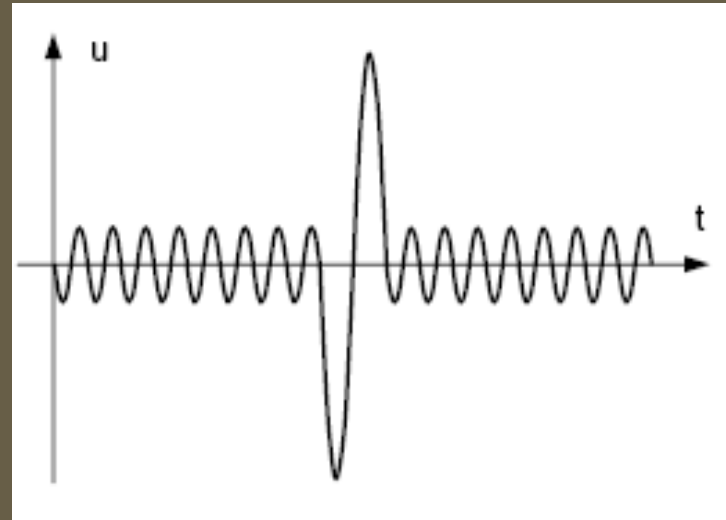


Figura 3.4

Funcție de cerințele impuse acurateței aprinderii și de proiectarea motorului, sunt posibile diferite variante ale sistemului de declanșare:

- Un sensor inductiv de turație și un sensor inductiv de referință (*“reference mark”*) sesizează dinții de pe coroana dințată a volantei (pentru demaror), respectiv un plot montat pe volantă, fără contact de marcare;
- Un sensor inductiv este acționat de un disc dințat special pe arborele cotit. Semnalul astfel obținut este folosit în comun, pentru a determina atât turația, cât și poziția unghiulară a arborelui cotit;
- Un sensor inductiv este activat de un disc segmentat special montat pe arborele cotit. Sensorul furnizează semnal atât pentru determinarea turației, cât și pentru poziția unghiulară a arborelui cotit.

În acest mod, soluțiile prezentate permit determinarea a doi parametri de interes: turația și poziția unghiulară a arborelui cotit. Valorile determinate la nivelul arborelui cotit au o acuratețe superioară celor determinate folosind distribuitorul de aprindere.



Declanșarea aprinderii folosind generator Hall

Schema de principiu a dispozitivului este prezentată în figura 3.5, iar forma de undă a semnalului generat în figura 3.6.

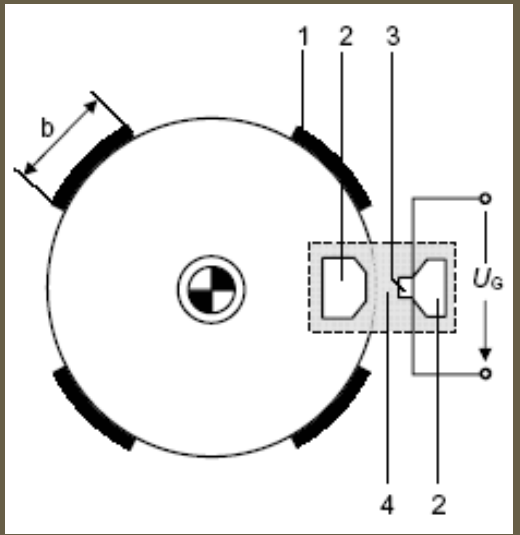


Figura 3.5



Figura 3.6

Axul distribuitorului se rotește, iar ecranele rotorului (1), de lățime b trec prin întrefierul (4) al barierei magnetice fără a face contact. Dacă densitatea fluxului magnetic este ridicată, tensiunea Hall U_H atinge valoarea maximă. Circuitul integrat Hall este activ.

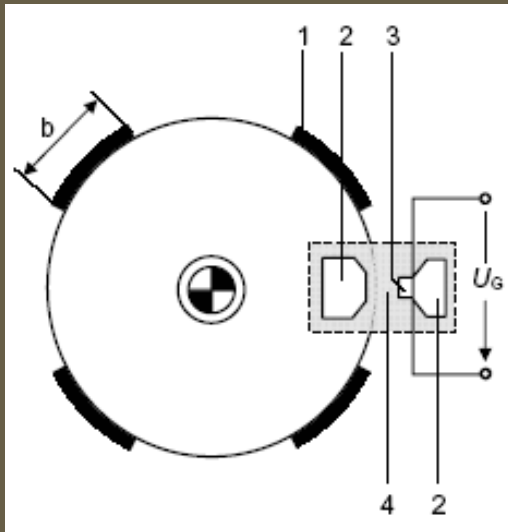


Figura 3.5



Figura 3.6

De îndată ce unul dintre pereții pătrunde în întrefier, fluxul magnetic este absorbit într-un mare grad de către ecran și astfel nu mai ajunge la stratul Hall.

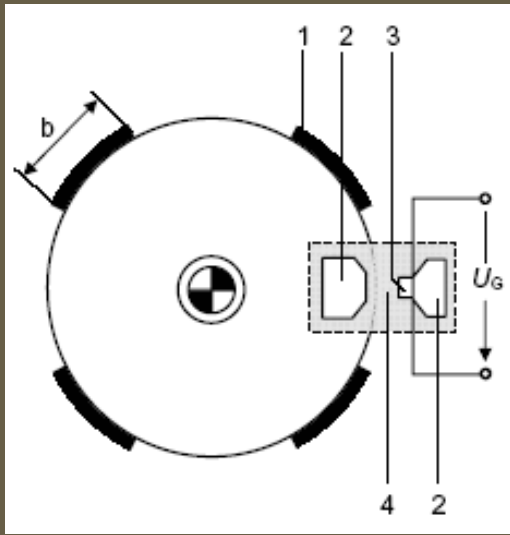


Figura 3.5

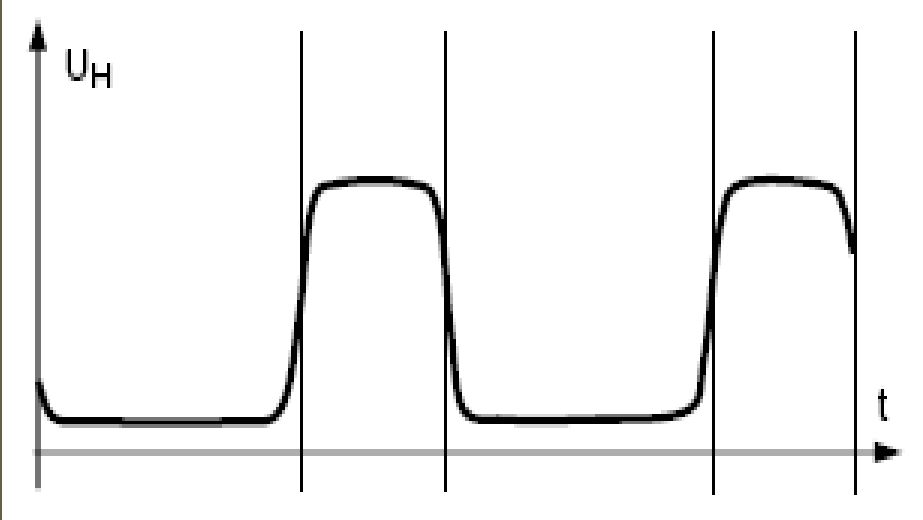


Figura 3.6

Densitatea de flux la nivelul stratului Hall se reduce la o valoare reziduală redusă cauzată de câmpul de scăpări. Tensiunea U_H atinge acum valoarea minimă. Întrefierul este bine definit cu ajutorul unor piese polare din material magnetic moale (2).

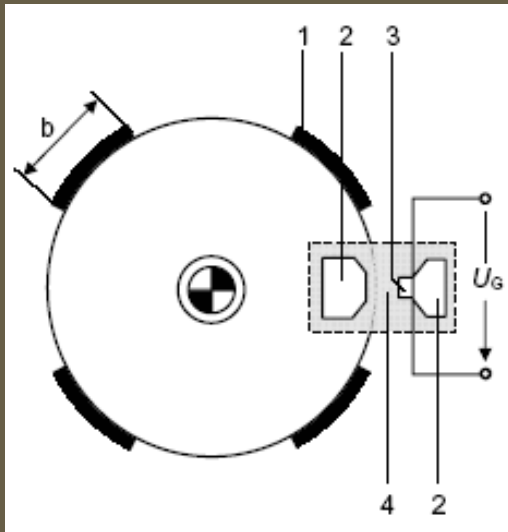


Figura 3.5



Figura 3.6

Formele constructive ale rotoarelor pentru generatoarele de impulsuri de tipul celor cu antrenare de la axul distribuitorului sunt prezentate în figura 3.8 **a** (cu inducție) și **b** (cu efect Hall).

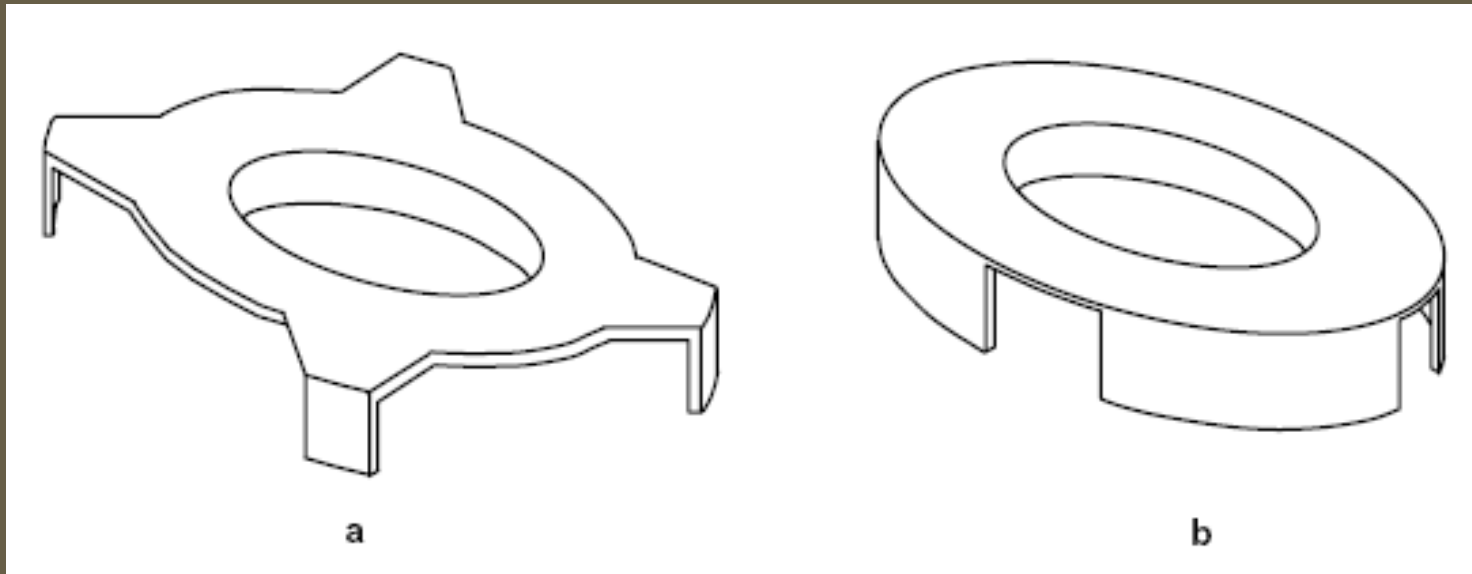


Figura 3.8

COMUTAREA ELECTRONICĂ A CURENTULUI PRIMAR DIN BOBINA DE INDUCȚIE

Pentru a asigura aprinderea amestecului aer-benzină este necesar să se furnizeze o tensiune de aprindere adecvată și o energie specifică pentru scânteia de aprindere de la bujie.

Capacitatea limitată a contactului ruptorului nu permite creșterea curentului primar (circa 4,5 A). Creșterea curentului este necesară pentru a obține creșterea energiei scânteii și creșterea tensiunii din secundarul bobinei de inducție, în mod particular la turații ridicate ale motorului. Ne reamintim că energia înmagazinată în câmpul electromagnetic al unei bobine de inductanță L , parcursă de un curent I este $W_L = LI^2/2$.



Circulația curentului prin primarul bobinei de inducție este controlată cu ajutorul tranzistorilor de comutație. Acești tranzistori au fost inițial comandați de ruptorul clasic, apoi cu ajutorul sistemelor electronice de control al declanșării.

Avantajele ce decurg din această concepție a modului de comutare a curentului prin primarul bobinei de inducție sunt:

- pierderi nule și comutare într-un sistem fără uzură a curenților primari de valori ridicate (până la aproximativ 9A), rezultând o tensiune secundară ridicată pe întreg domeniul de turații ale motorului;
- sistem de declanșare a aprinderii fără întreținere.



Schema bloc a sistemului

Sistemul de aprindere constă din următoarele părți componente, conform figurii 3.9, și funcționează după cum urmează:

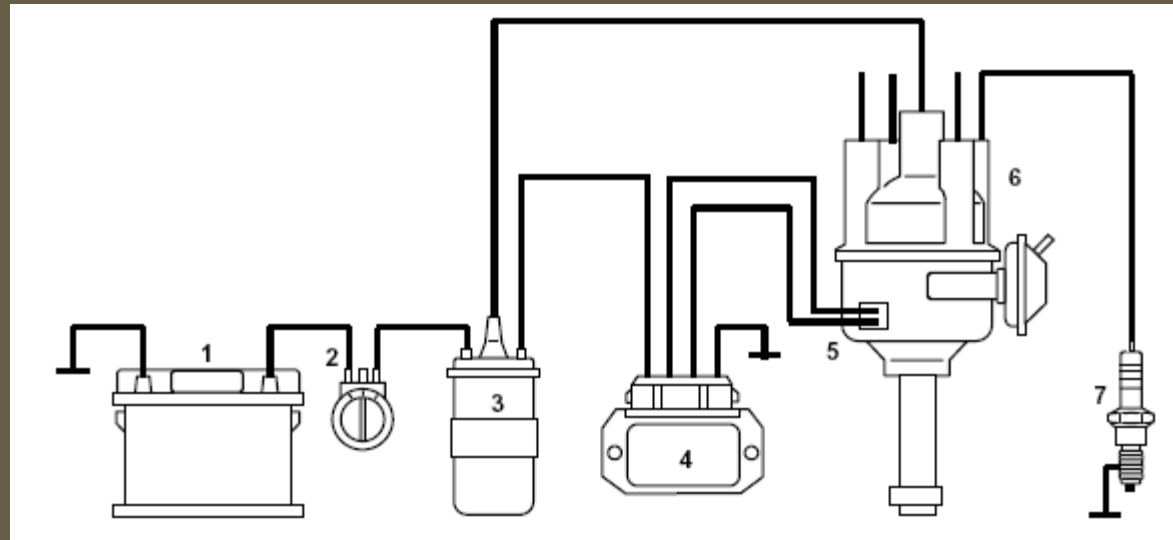
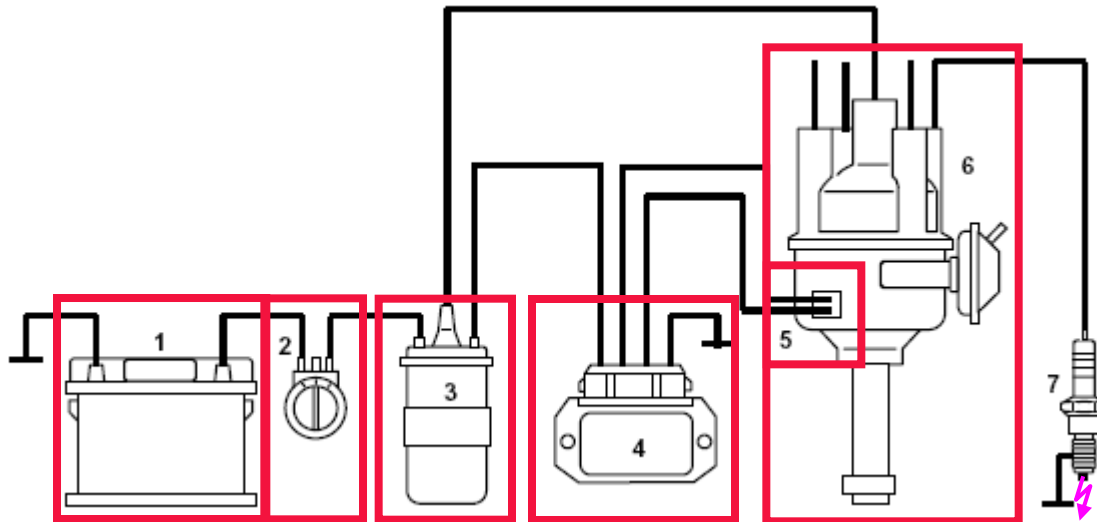
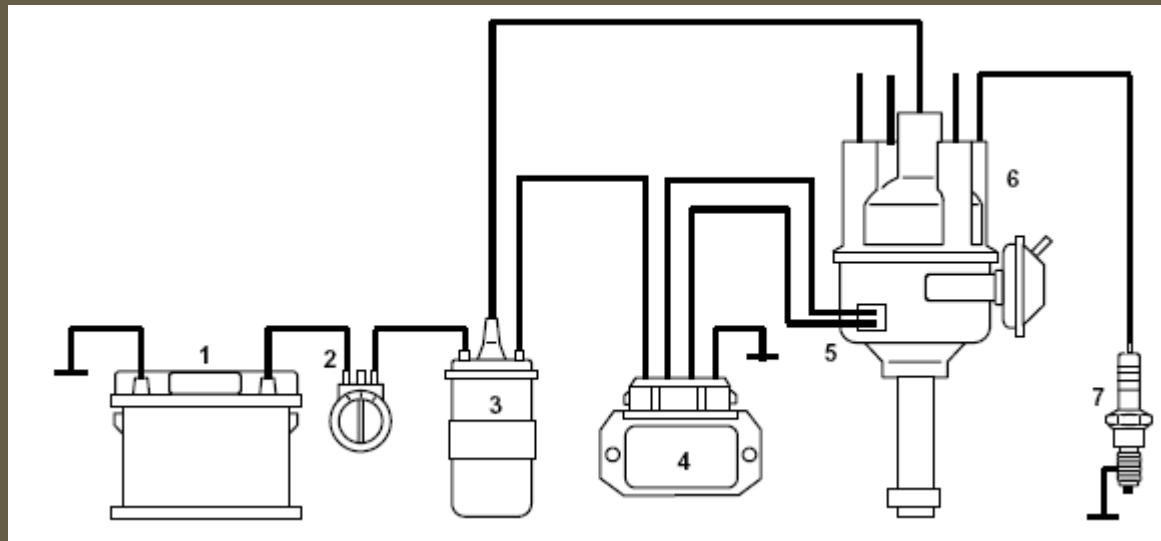


Figura 3.9

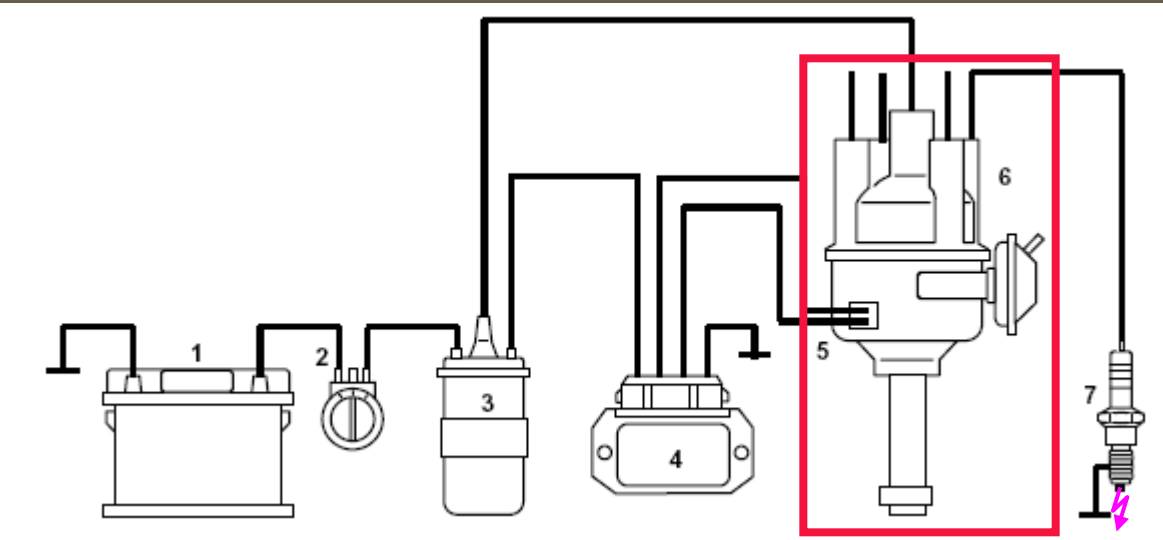
(1) – bateria de acumulatori, are rolul sursei de energie. Curentul primar circulă de la baterie prin contactul întrerupătorului de aprindere (atunci când contactul (2) este pus), prin înfășurarea primară a bobinei de inducție (3), via aprindere electronică (4) și apoi prin circuitul de masă. Întreruperea curentului primar în circuitul electronic este controlată de un generator de impulsuri (5) din distribuitorul de aprindere (6).



În sistemele mai vechi generatorul de impulsuri putea fi un comutator cu control mecanic. În sistemele mai recente, funcția este îndeplinită de un dispozitiv de declanșare de tip electronic.



În momentul în care curentul primar este întrerupt, în înfășurarea secundară a bobinei de inducție se induce înalta tensiune. Înalta tensiune este distribuită de distribuitorul de aprindere (6) spre bujia (7) corespunzătoare.



Circuitul electronic al aprinderii

În cele ce urmează se prezintă un sistem tranzistorizat de aprindere folosind un generator de declanșare de tip inductiv.

Proiectare. Circuitul electronic permite deservirea unui motor cu 6 cilindri. Componentele sunt montate pe o placă de circuit imprimat. Placa de circuit imprimat este fixată în mod permanent pe un suport metalic care va conduce cea mai mare parte a căldurii generate de circuit către suprafața ansamblului. Un strat din material plastic de tip gelatinos protejează componentele împotriva prafului și deteriorării de tip mecanic. Conectorul de tip cu lame de contact este poziționat pe o parte a plăcii.



Funcționare. Schema electrică a unei aprinderi electronice tranzistorizate este prezentată în figura 3.10, iar în figură 3.11 se prezintă diagrama de impulsuri pentru un astfel de sistem, folosind pentru declanșare un generator de impulsuri de tip inductiv.

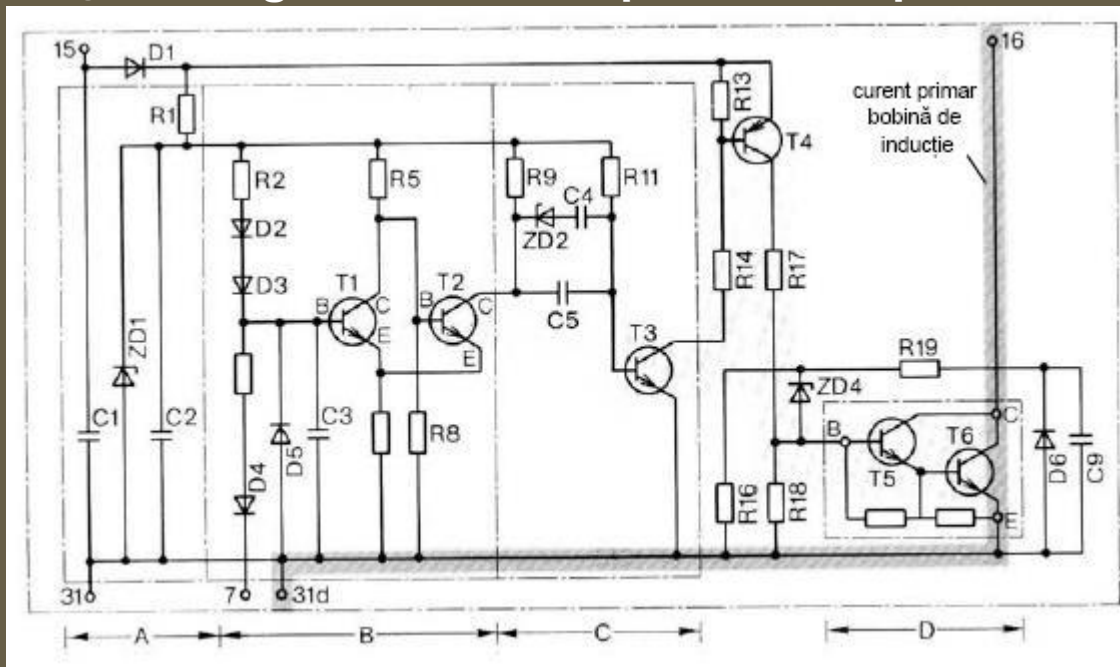
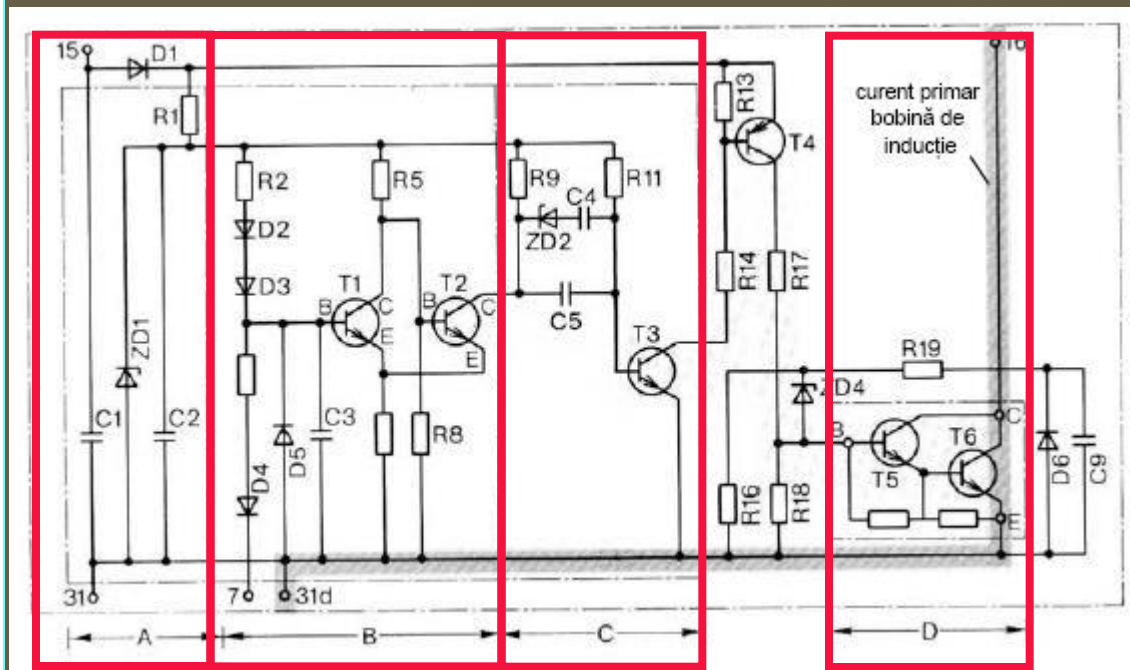


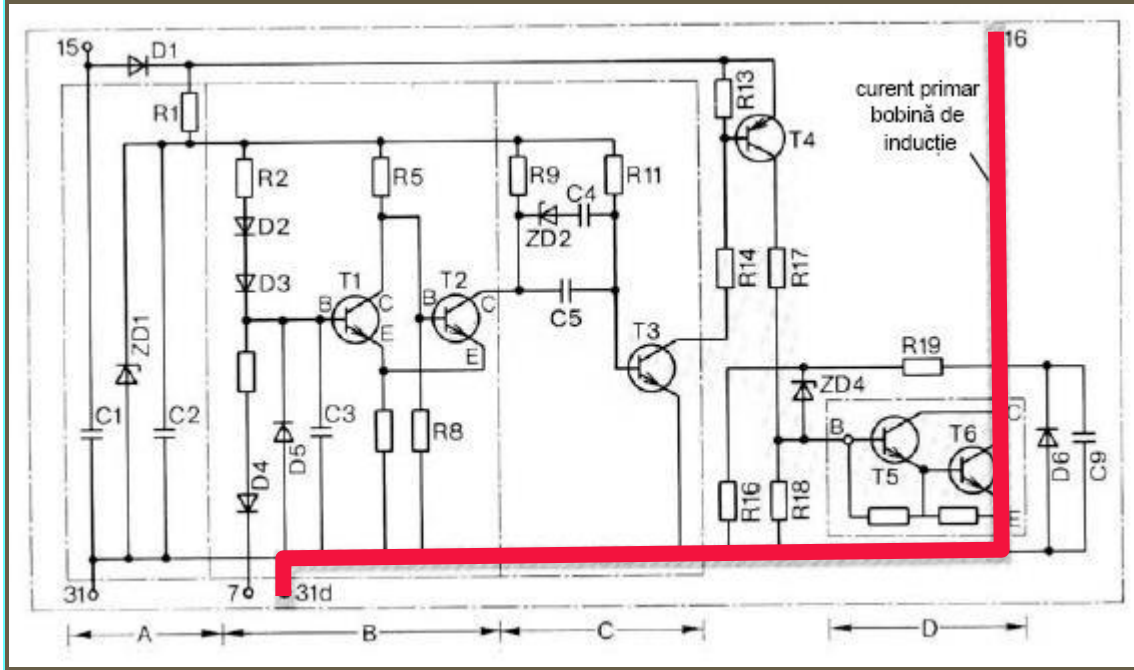
Figura 3.10

Conform schemei electrice din figura 3.10, în circuit intervin următoarele blocuri funcționale:



- **A** – stabilizator de tensiune;
- **B** – circuit de formare a impulsurilor;
- **C** – circuit de control a unghiului Dwell;
- **D** – etaj Darlington de ieșire (integrat).

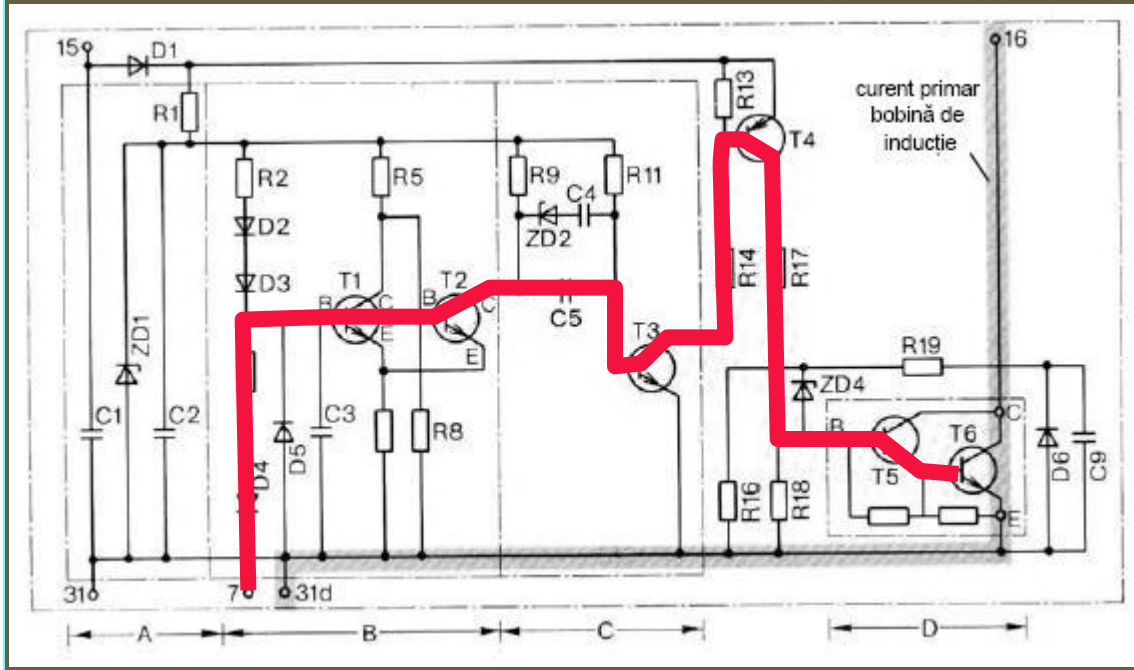
Curentul primar al bobinei de inducție circulă pe circuitul: borna **16 (conector)** – colector T_6 – emitor T_6 – circuit de masă – borna **31d**.



PRELEGAREA nr. 3

Comutarea electronică a curentului primar din bobina de inducție

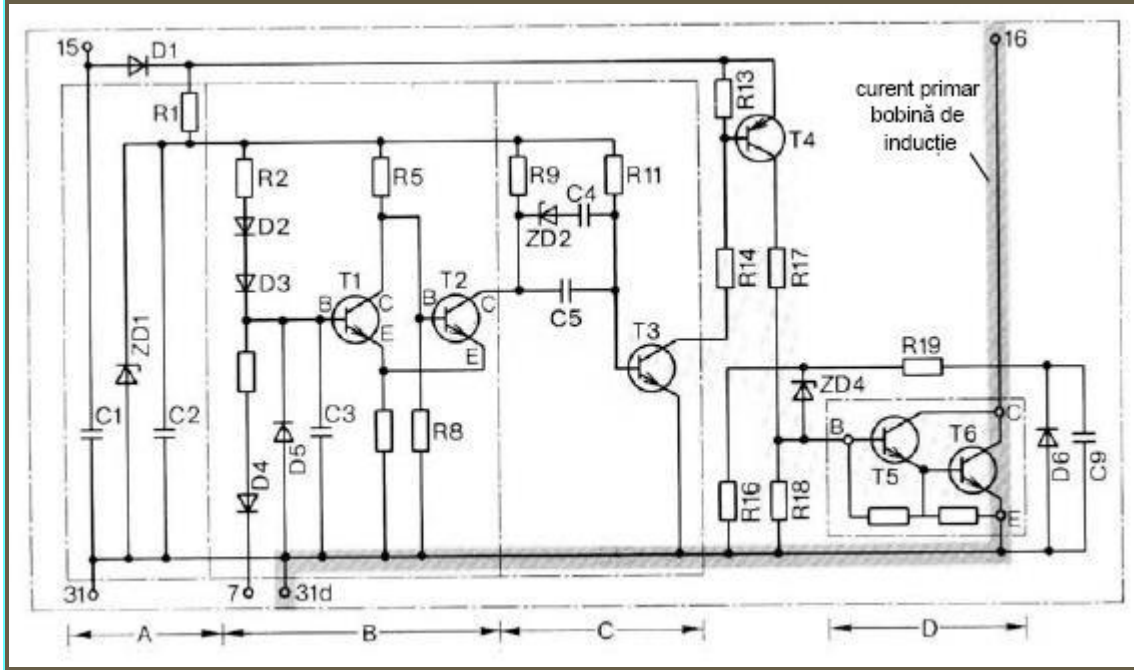
Calea impulsului de control este: *borna 7 – D₄ – R₆ – T₁ – T₂ – C₅ – T₃ – R₁₄ – T₄ – R₁₇ – T₅ – T₆.*



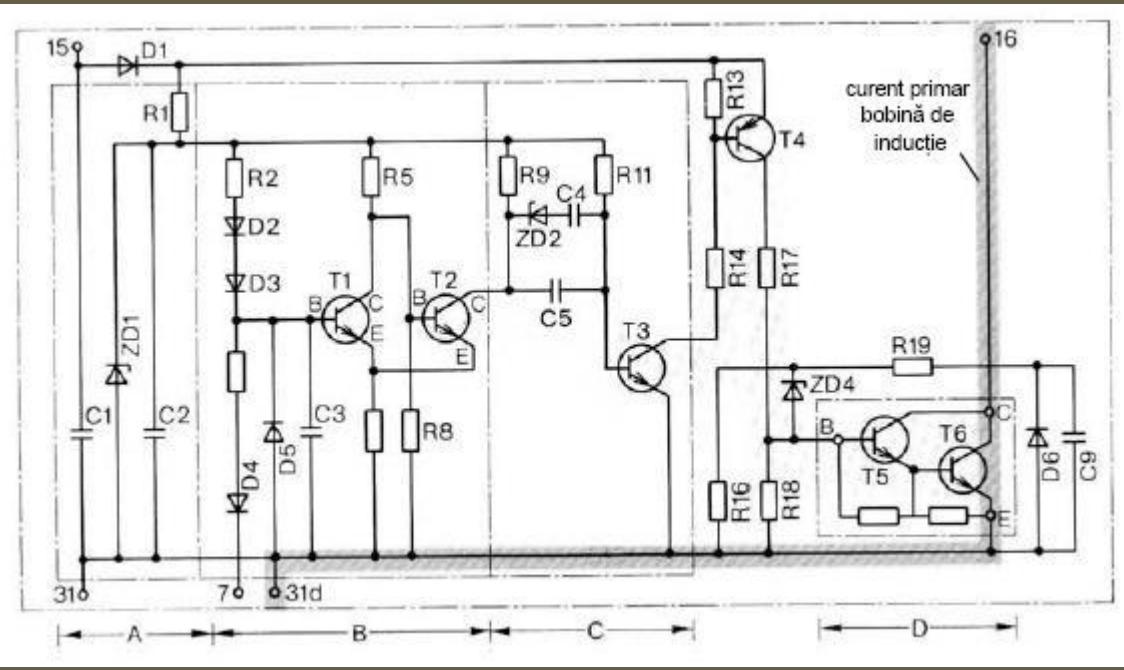
PRELEGAREA nr. 3

Comutarea electronică a curentului primar din bobina de inducție

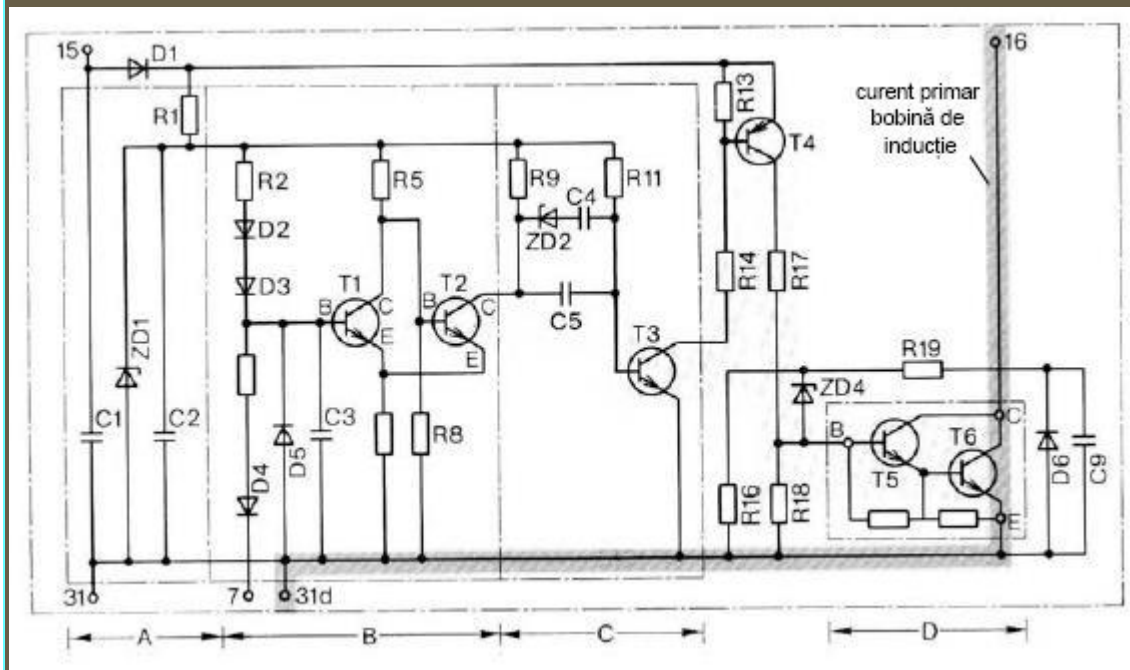
Tensiunea de control de tip alternativ ce vine de la generatorul de impulsuri de tip inductiv trebuie să fie formată în impulsuri rectangulare.



Formarea este asigurată de triggerul Schmitt $T_1 - T_2$ (R_5, R_7, R_9).
Dioda D_4 (cu siliu) permite propagarea spre baza tranzistorului T_1 numai a impulsurilor negative din tensiunea alternativă de la generatorul de tip inductiv.



Pulsurile pozitive sunt suprimate. Din acest mod de funcționare rezultă că generatorul de impulsuri este încărcat numai pe alternanța negativă, astfel că amplitudinea pulsurilor negative din figura 3.11 este mai mică decât valoarea de funcționare în gol.



În figura 3.11 blocurile sunt:

- **1 – generator de impulsuri de tip inductiv;**
- **2 – aprindere electronică;**
 - **2a – formator de impulsuri;**
 - **2b – circuit de control a duratei impulsului (Dwell);**
 - **2c – driver;**
 - **2d – etaj de ieșire Darlington;**

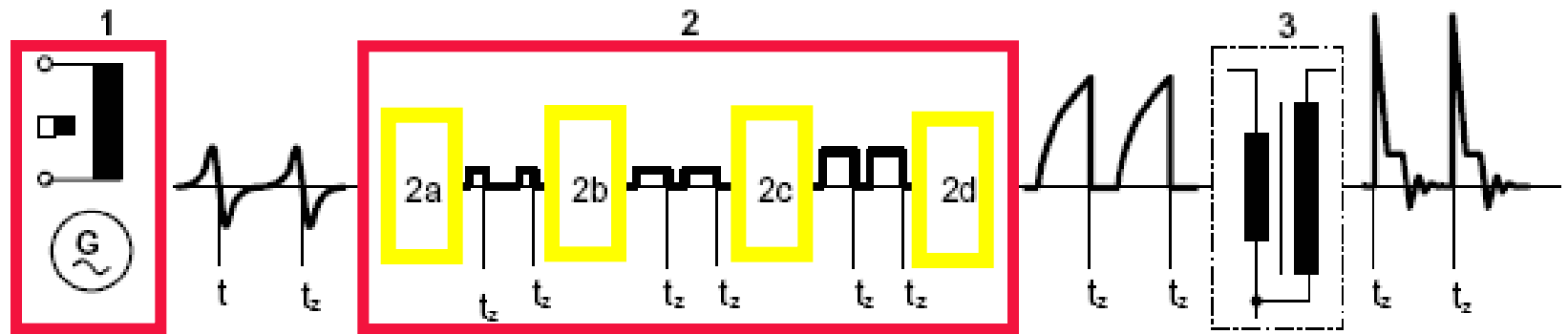


Figura 3.11

- 3 – bobină de inducție;
- t_z – punct de aprindere.

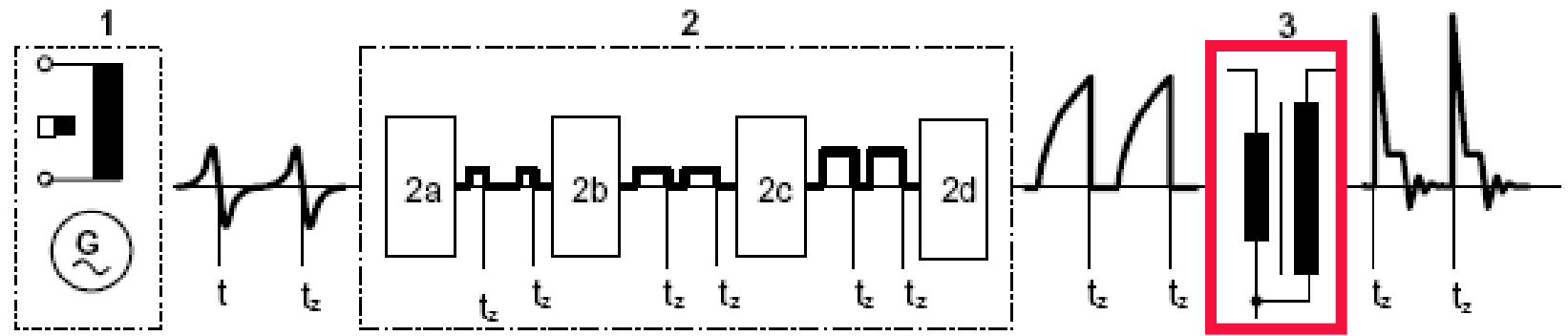
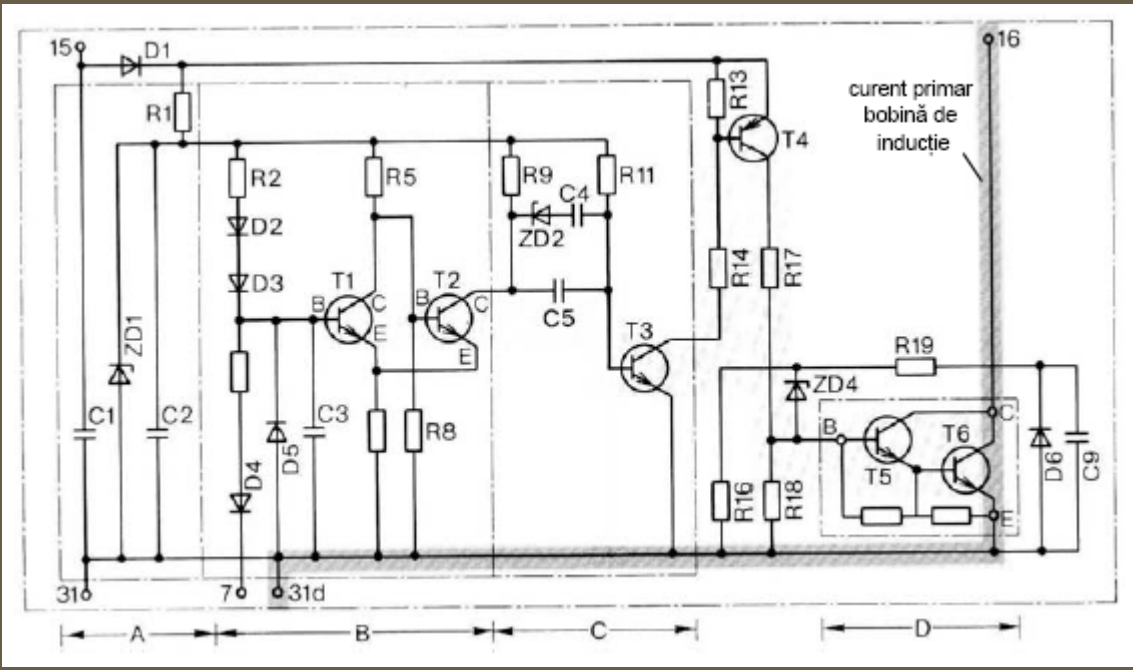
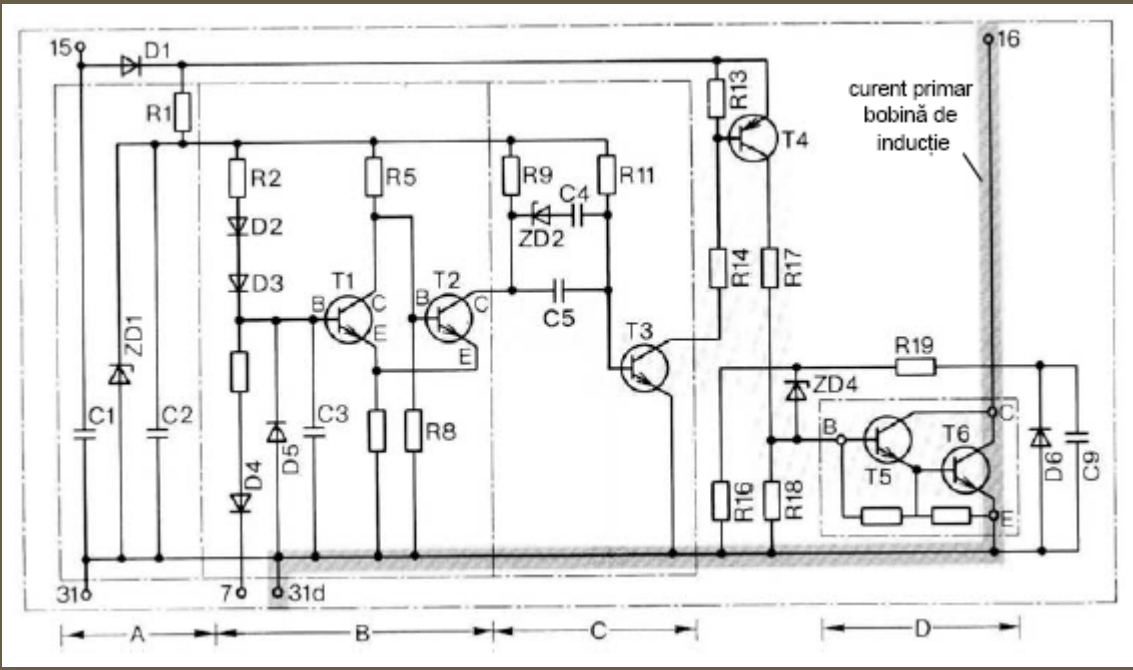


Figura 3.11

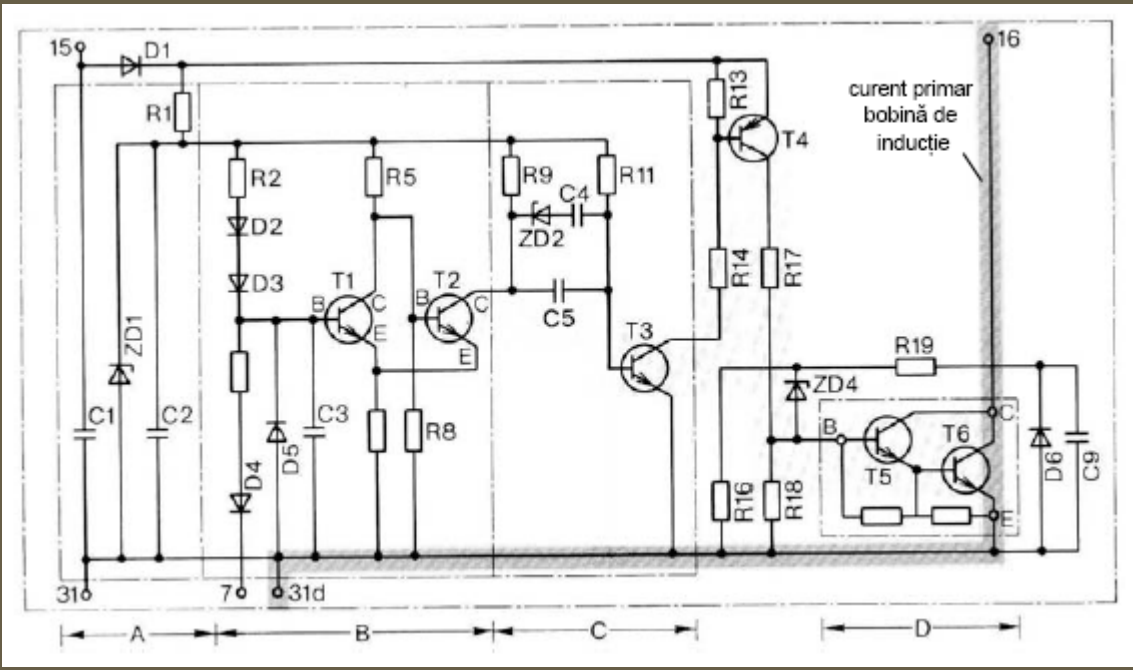
De îndată ce tensiunea alternativă de control, evoluând în domeniul valorilor negative, depășește pragul triggerului din circuitul formator, tranzistorul T_1 comută în starea blocat pentru o perioadă T_i .



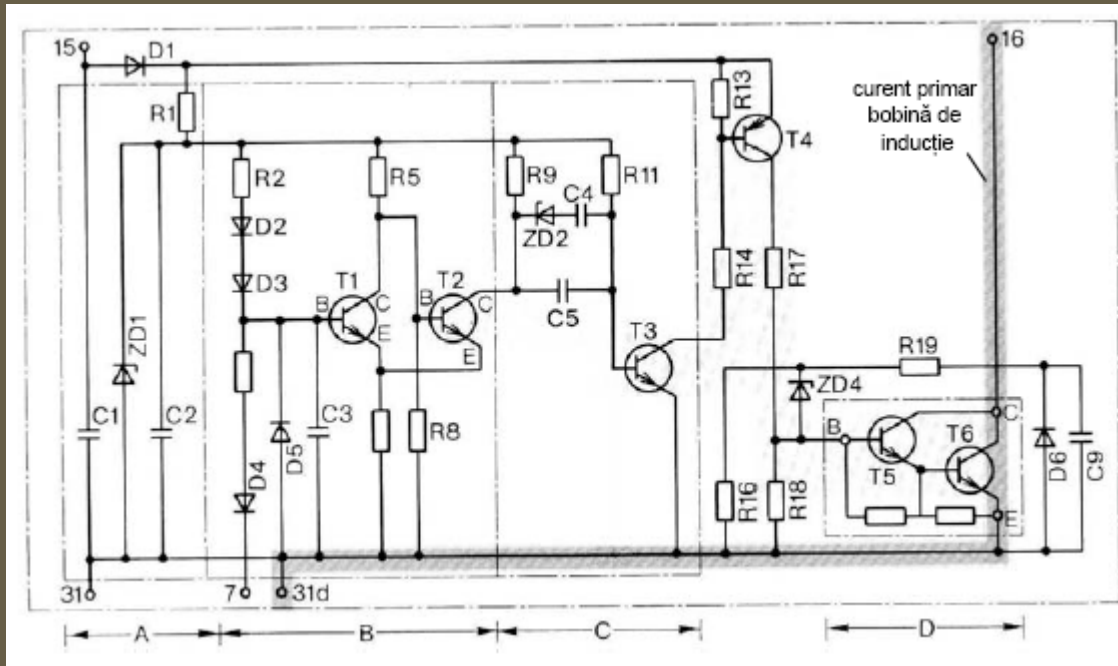
Această stare se menține până când tensiunea alternativă de control, evoluând spre valori pozitive de tensiune, trece de tensiunea de prag. Tranzistorul T_1 devine conductor pentru o perioadă T_0 . Diodele D_2 și D_3 sunt prevăzute pentru compensarea termică.



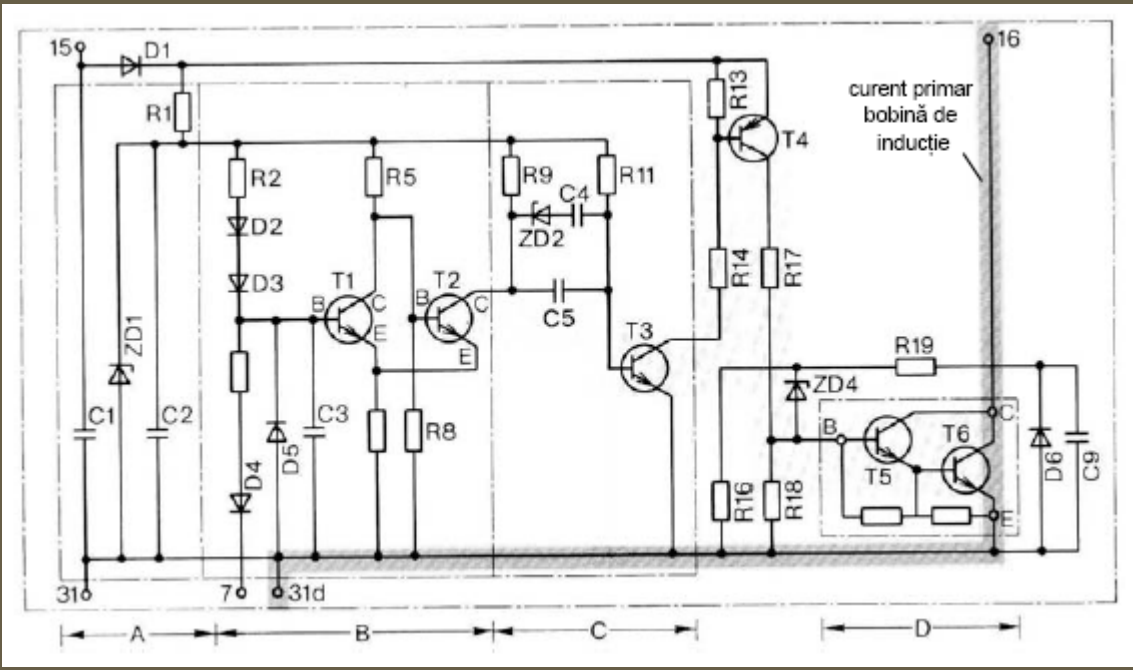
Energia înmagazinată în bobina de inducție poate căpăta o valoare optimă cu ajutorul secțiunii C a circuitului electronic. Rezultatul obținut este o tensiune înaltă suficientă disponibilă pentru scânteia bujiei, în orice condiții de funcționare ale motorului.



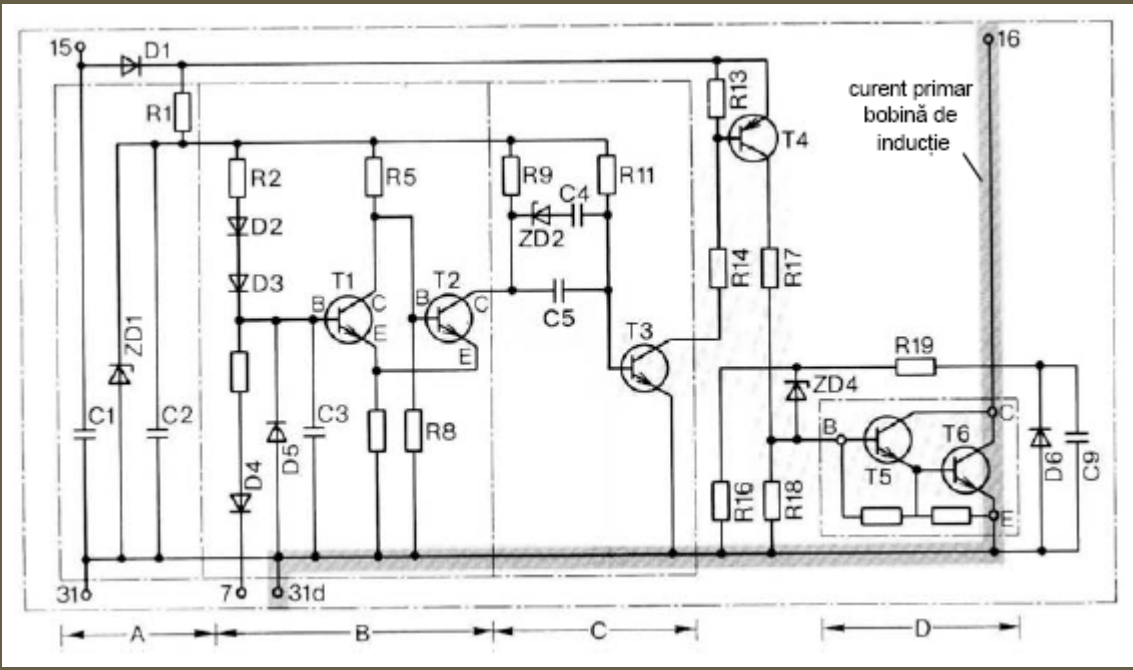
Acest așa-numit **“control de unghi Dwell”** specifică momentul de început al perioadei Dwell. Termenul de **“perioadă Dwell” – “unghi Dwell”** este împrumutat de la sistemele clasice de aprindere cu ruptor și semnifică timpul pentru care contactul este mai întâi închis și până când contactul este deschis.



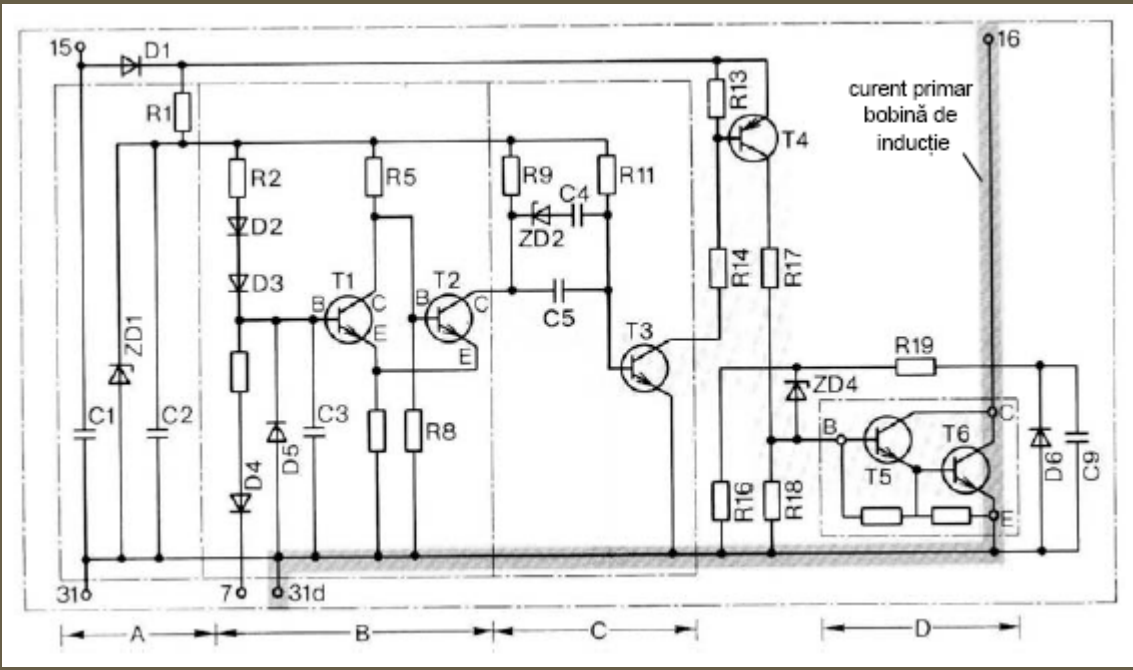
Începutul perioadei Dwell este de asemenea și începutul impulsului rectangular de curent utilizat pentru comanda etajului driver cu tranzistorul T_4 . În acest caz se utilizează un circuit de temporizare cu elemente RC . Circuitul încarcă și descarcă în mod alternativ un condensator prin intermediul unor rezistori adecvați.



Curentul de la tranzistorul driver T_4 comandă etajul de putere de ieșire (de tip Darlington). În acest circuit curentul ce circulă în baza tranzistorul T_5 este amplificat în mod considerabil spre o valoare ridicată necesară ce alimentează baza tranzistorului T_6 .



Curentul primar al bobinei de inducție este comandat în regim de curent de colector al acestui tranzistor.



În completarea dispozitivului descris anterior, există și sisteme de aprindere controlate cu generatoare Hall. Acest tip de aprindere asigură aceleași funcții de bază ca și cele descrise anterior.

În anul 1978 Bosch a lansat pe piață primul sistem de aprindere în tehnologie hibridă. Acesta este considerabil mai mic decât cel cu componente discrete și este prevăzut cu ambele posibilități de atac la intrare: cu impulsuri provenind fie de la generator inductiv, fie de la generator Hall.



CONTROLUL ELECTRONIC AL UNGHIULUI DWELL

Intervalul de timp dintre semnalele de control de la sistemele de declanșare a aprinderii diferă, fiind o funcție de turația motorului.

Totuși, este necesară o valoare specifică a curentului primar pentru a asigura o energie constantă de aprindere a amestecului de către scânteia bujiei. Pentru atingerea acestei valori este necesară o perioadă Dwell specifică.

La turații ridicate, respectiva perioadă nu este întotdeauna atinsă. Aceasta poate avea ca rezultat probleme la aprindere în domeniul turațiilor înalte.

Un circuit electronic controlează momentul de aplicare a curentului primar, ca o funcție de turația motorului și de tensiunea bateriei, astfel încât valoarea minimă a curentului să fie atinsă până în momentul corespunzător punctului de aprindere.

Controlul perioadei Dwell, în corespondență cu condițiile de funcționare și curentul primar rezultat, asigură energie de aprindere ridicată, evitând astfel funcționarea defectoasă a aprinderii în anumite situații, ceea ce permite economisirea benzinei.

Sistemul. În vederea menținerii puterii de aprindere a sistemului la o valoare ridicată constantă, care în același timp să garanteze și un minimum al pierderilor de putere în tranzistorul de ieșire și bobina de inducție, curentul primar trebuie să atingă un anumit nivel la momentul de aprindere necesar.



Timpul în care curentul circulă prin bobina de inducție este controlat ca o funcție de turație și de tensiunea bateriei, astfel încât, în condiții staționare de funcționare, curentul primar dorit a fost atins la sfârșitul intervalului de circulație prin bobina de inducție.

O corecție dinamică este suprapusă la turații reduse, astfel încât pe durata accelerării, valoarea minimă a curentului primar este atinsă datorită acestei corecții, în ciuda reducerii perioadei Dwell.



Etajul de ieșire funcționează ca un limitator de curent, astfel încât dacă curentul primar dorit este atins înaintea punctului de aprindere, curentul primar este menținut constant până la momentul corespunzător punctului de aprindere.

Unghiul Dwell este egal cu unghiul de rotație al camei distribuitorului la axul distribuitorului din momentul în care s-a închis contactul ruptorului până la deschiderea acestuia.



Timpul care trece este cunoscut sub denumirea de perioadă Dwell. Mărimile unghiului Dwell și perioadei Dwell sunt proporționale între ele. Perioada Dwell este egală cu perioada de circulație a curentului primar.

Energia înmagazinată în bobina de inducție poate căpăta valoarea optimă cu ajutorul controlului unghiului Dwell astfel încât să fie disponibilă suficientă înaltă tensiune pentru descărcarea în scânteie electrică, în orice condiții de funcționare. Controlul Dwell crește valoarea unghiului Dwell pe măsură ce turația motorului crește.

Unghiul Dwell este de asemenea mărit în așa fel încât să fie posibil să se atingă valoarea dorită a curentului primar, chiar dacă tensiunea bateriei scade.



În figura 3.12 se prezintă dependența între unghiul Dwell și curentul primar.

Se observă că prin asigurarea unui anumit avans al punctului de închidere a contactului, prin creșterea unghiului Dwell, curentul primar crește de la valoarea i_1 la i_2 în punctul de aprindere.

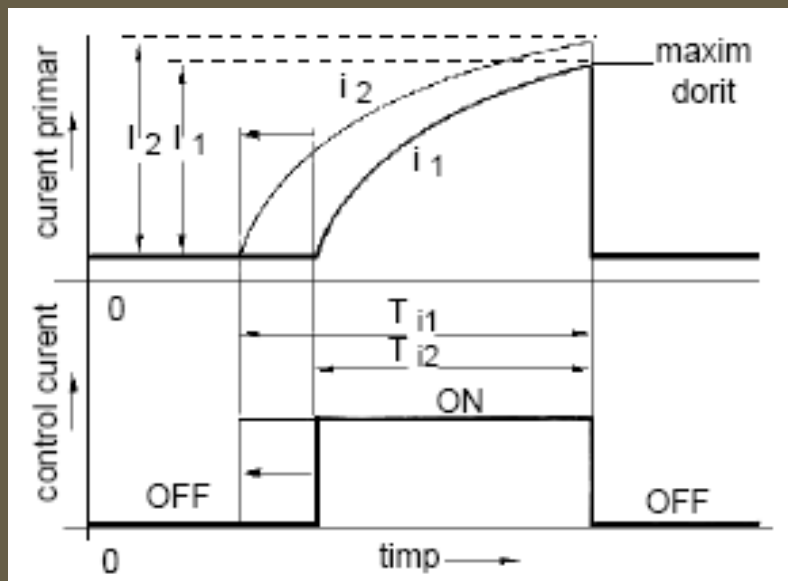


Figura 3.12

În figura 3.13 se prezintă valoarea relativă Dwell ca o funcție de turația motorului și având ca parametru tensiunea bateriei. Unghiul Dwell este limitat la o valoare maximă, așa cum se poate observa din figura 3.13, pentru a garanta o durată minimă în care contactul este rupt și prin aceasta o durată minimă a scânteii.

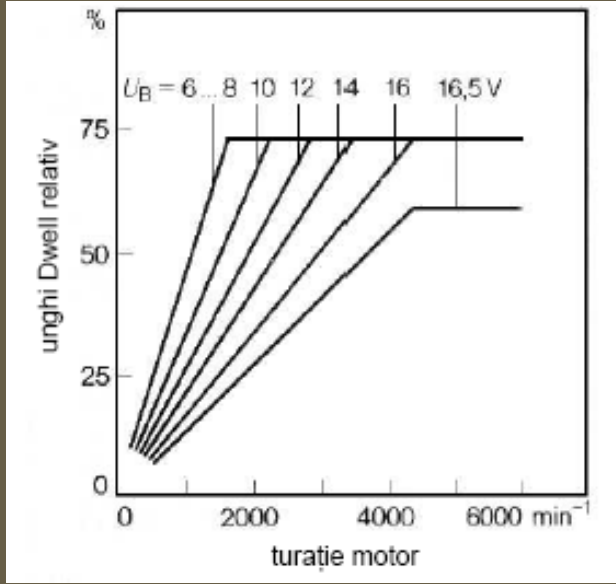


Figura 3.13

Pentru a realiza acest lucru, controlul unghiului Dwell funcționează astfel încât, funcție de turația motorului și tensiunea bateriei, unghiul Dwell este modificat prin varierea momentului de începere a perioadei Dwell, pe când sfârșitul perioadei Dwell, precizat de punctul de aprindere, nu este afectat.

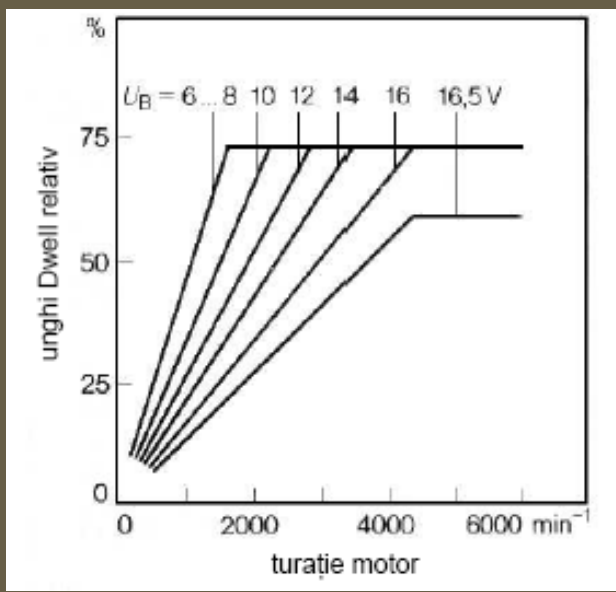


Figura 3.13

Controlul Dwell în buclă deschisă

Controlul electronic al unghiului Dwell este bazat pe utilizarea unor temporizări folosind elemente RC. În circuit se încarcă și se descarcă condensatori prin rezistori de valori adecvate.

Soluția corespunde unui control al unghiului Dwell în buclă deschisă, întrucât combinația dintre rezistori și o capacitate asigură o relație fixă de temporizare, ca o funcție de turație.

Este un sistem de control analogic deoarece perioada Dwell se poate modifica în mod continuu (în interiorul anumitor limite).

Etajul de comutație a unui sistem de control în buclă deschisă a unghiului Dwell este prezentat în figura 3.14.

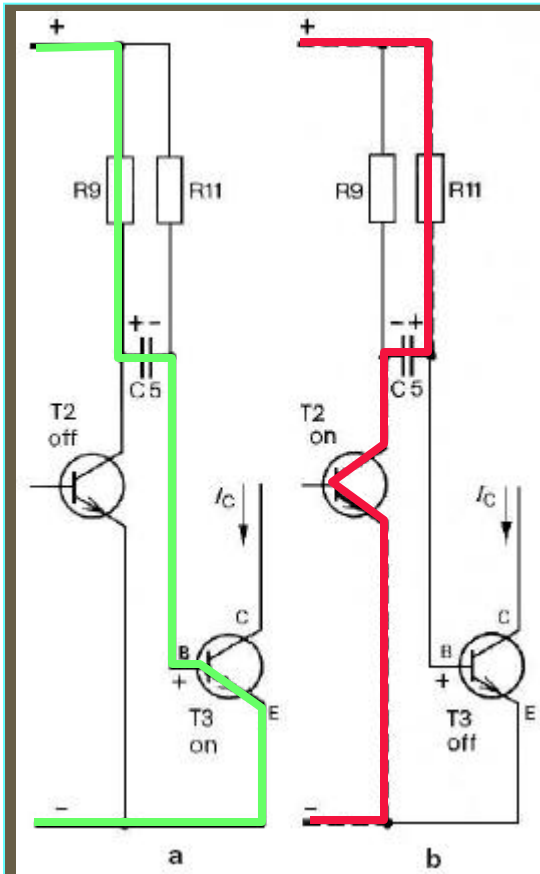


Figura 3.14

Condensatorul C_5 și cele două rezistențe R_9 și R_{11} sunt utilizate ca elemente RC . Când tranzistorul T_2 din trigger este în starea blocată, condensatorul C_5 se încarcă prin R_9 și joncțiunea bază-emitor a tranzistorului T_3 . La turații reduse ale motorului, tensiunea pe condensator atinge aproximativ 12V. În acest timp tranzistorul T_3 conduce (figura 3.14 a).

În punctul de aprindere t_x , tranzistorul T_2 intra în conducție și condensatorul C_5 se descarcă acum prin R_{11} și T_2 . Atât timp cât curentul de descărcare circulă, T_3 este blocat întrucât baza sa este negativată în raport cu masa circuitului. T_3 începe să conducă din nou în momentul în care polaritatea tensiunii pe C_5 se schimbă.

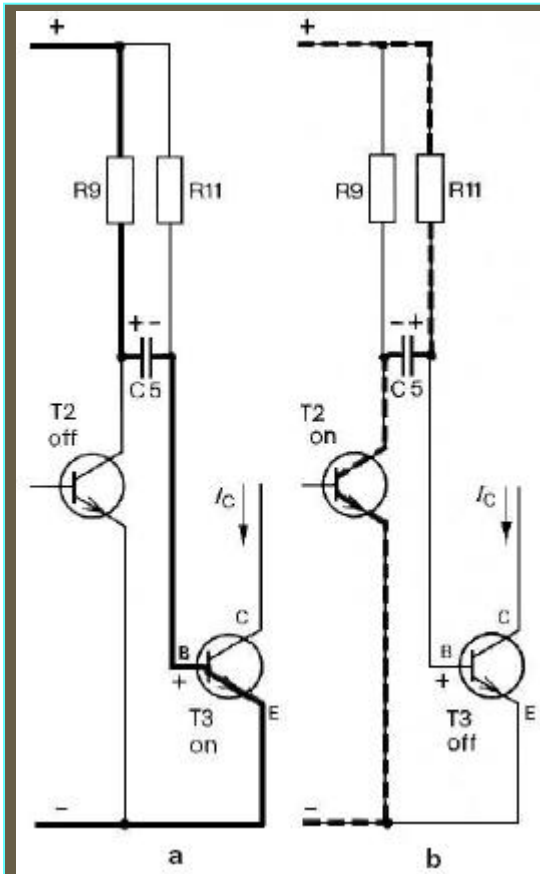


Figura 3.14

Condensatorul se încarcă din nou în sens invers (față de stuația din figura 3.14 *b*), când T_2 trece în starea blocată. În acest punct, încărcarea condensatorului este inversată prin intermediul rezistenței R_9 și a circuitului bază-emitor a tranzistorului T_3 , începând cu momentul t_2 .

În figura 3.15 se prezintă trenul de impulsuri pentru controlul unghiului Dwell și curba tensiunii pe condensatorul C_5 , funcție de timp. Semnele (+) și (-) se referă la potențialul armăturii din dreapta a condensatorului C_5 .

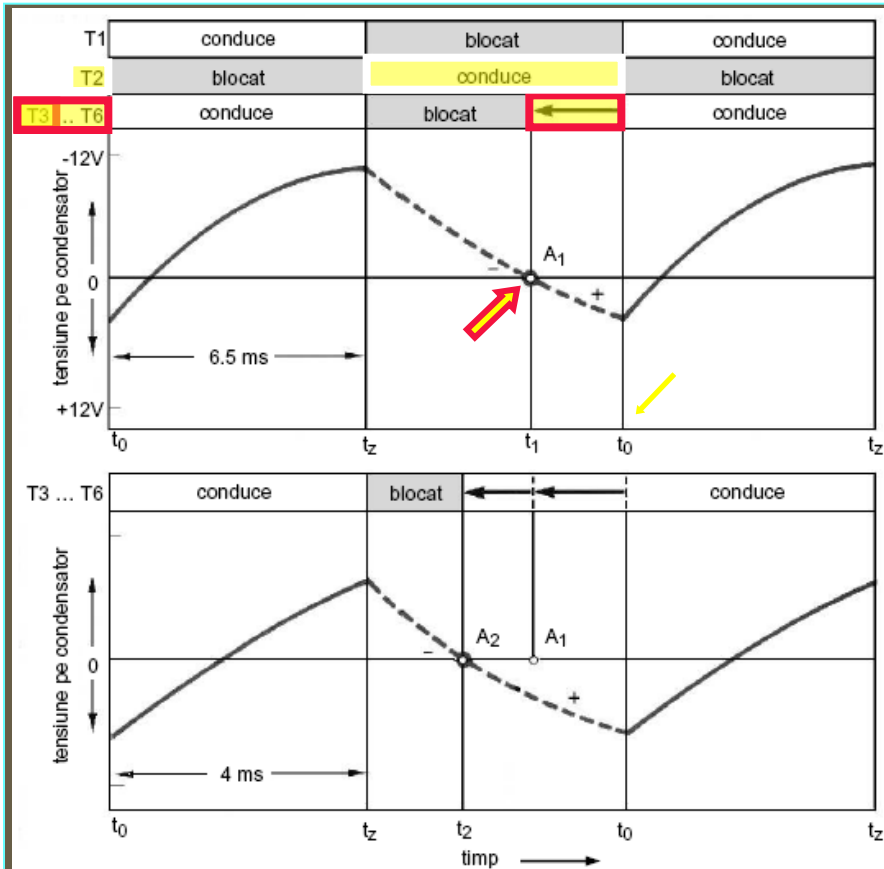


Figura 3.15

Caracteristica funcțională a controlului în buclă deschisă a unghiului Dwell constă în conectarea curentului de colector al tranzistorului T_3 când se schimbă polaritatea pe condensatorul C_5 (punctul A_1 din figura 3.15).

Celelalte tranzistoare $T_4 \dots T_6$ încep de asemenea să conducă în același timp cu T_3 . Avansul la începerea perioadei Dwell (indicată cu săgeată în figura 3.15), referit la momentul t_0 de blocare a tranzistorului T_2 , se realizează în acest mod.

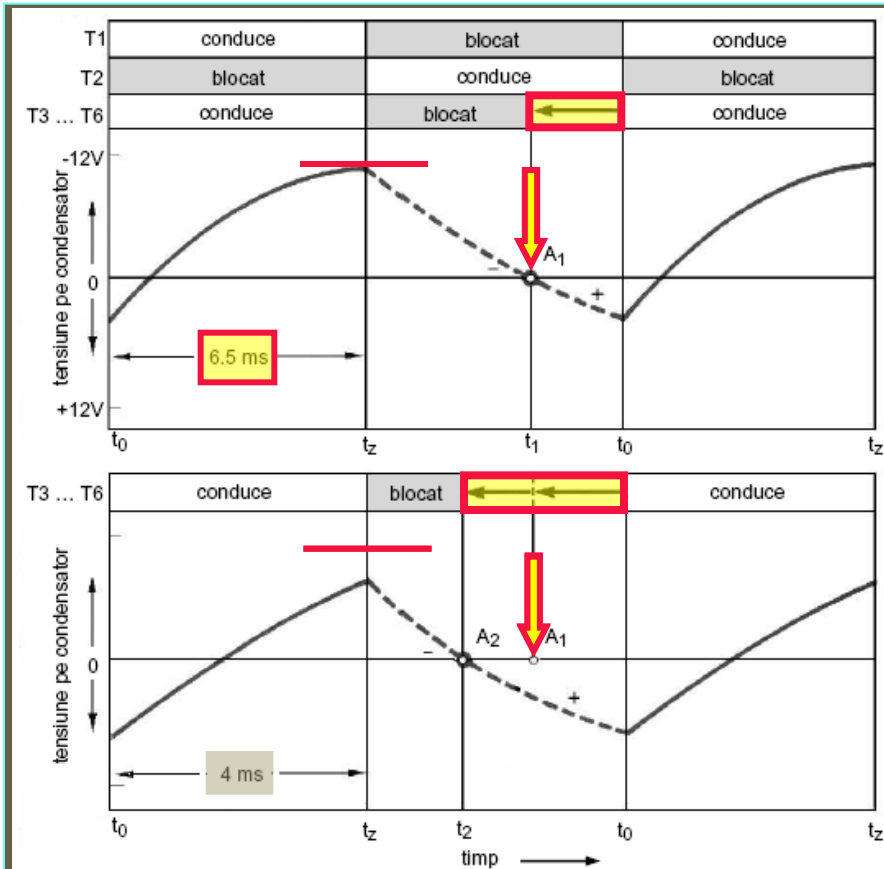


Figura 3.15

Când turația motorului crește, timpul de încărcare a condensatorului C_5 scade. Condensatorul nu se mai poate încărca până la întreaga tensiune a bateriei. C_5 se descarcă în mod corespunzător mai repede, rezultând și începerea mai devreme a perioadei Dwell t_2 și astfel și o perioadă relativ mai mare a unghiului Dwell (figura 3.15).

Controlul electronic în buclă închisă a unghiului Dwell

Procesul de ardere în interiorul cilindrului poate fi îmbunătățit în continuare crescând energia disponibilă pentru aprindere. Aceasta permite îmbunătățirea proiectării generale a motorului.

Prin suprapunerea unui control al unghiului Dwell în buclă închisă cu limitare de curent peste un control al unghiului Dwell în buclă deschisă, se poate asigura atingerea valorii corecte a curentului primar în punctul de aprindere, în toate condițiile de funcționare.

Deconectarea curentului primar când motorul este oprit previne încălzirea excesivă a bobinei de inducție atunci când contactul este pus.

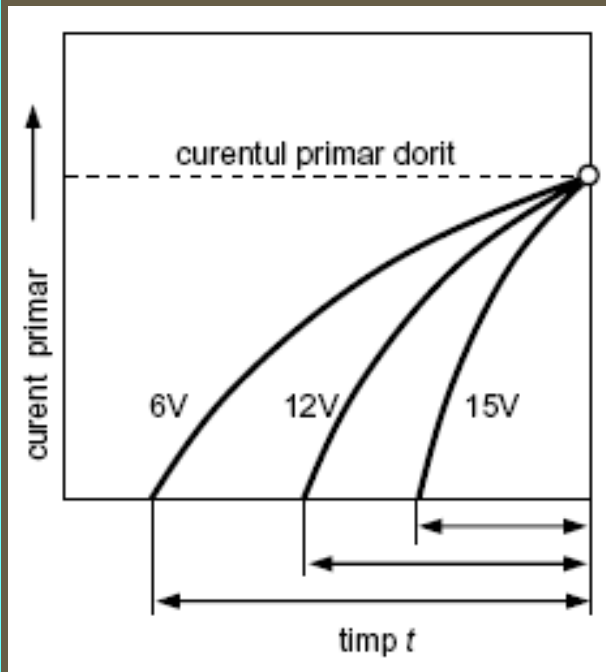
Ambele măsuri fac posibil să se asigure o îmbunătățire a proiectării bobinei și a tranzistorului de ieșire (din sistemul tranzistorizat de aprindere), pentru a furniza energie ridicată pentru aprindere, cu pierderi reduse de putere.

- Cu limitarea de curent nu mai sunt necesare rezistențele de balast și cablurile corespunzătoare, precum și creșterea tensiunii pentru pornire.
- Cu controlul în buclă închisă Dwell se reduce dependența sistemului de aprindere de tensiunea bateriei, temperatură și turație.
- Deconectarea sistemului atunci când motorul este oprit previne circulația curentului prin primarul bobinei de inducție atunci când motorul este oprit și contactul este pus.

În general, disponibilul de înaltă tensiune și energia pentru procesul de aprindere asigură creșterea performanțelor de ardere a amestecului carburant.

Funcționare. Unghiul Dwell este controlat astfel încât să se atingă aceeași valoare a curentului primar, în orice condiție de funcționare, cum ar fi cu valori diferite ale tensiunii bateriei, turației motorului sau temperaturii. Acest aspect este evidențiat în figura 3.16.

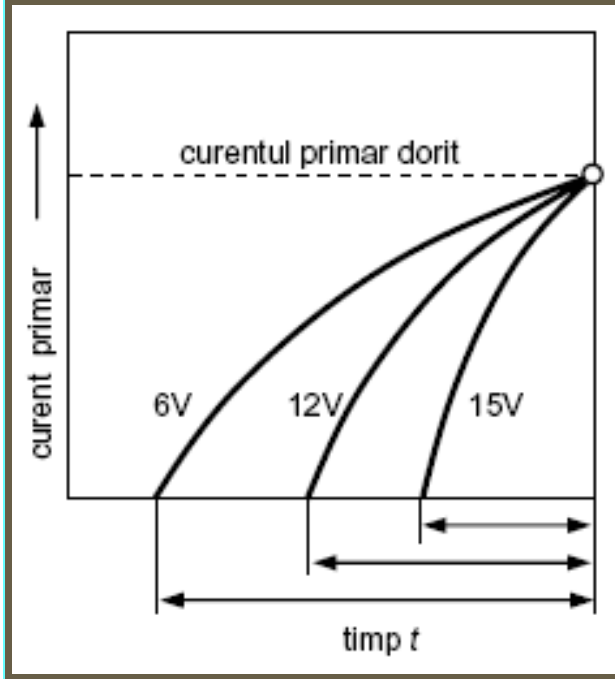
De exemplu, cu o tensiune a bateriei de 6V (în timpul pornirii), curba curentului este mult mai plată decât pentru 12 V sau 15 V.



Aceasta înseamnă că în cazul tensiunii de 6V curentul primar trebuie să se stabilească considerabil mai devreme, întrucât unghiul Dwell trebuie să fie mai mare decât în cazul tensiunilor de 12 V sau 15 V.

Pentru a păstra valoarea medie a pierderilor de putere și prin aceasta încălzirea sistemului de aprindere la nivel scăzut, unghiul Dwell este controlat atât de exact încât curentul este limitat numai pentru scurt timp, de ordinul procentului, între punctele de aprindere.

Figura 3.16



Într-un distribuitor de aprindere echipat cu generator de impulsuri de tip inductiv, unghiul Dwell este modificat prin schimbarea nivelului triggerului Schmitt din circuitul de control al aprinderii.

Pragurile triggerului se deplasează pe curba tensiunii generatorului de impulsuri. Dacă unghiul Dwell este prea mic, nivelul triggerului se deplasează spre valori mai negative. În cazul unei valori prea mari a unghiului Dwell procesul se desfășoară în sens invers (ca în figura 3.17).

Figura 3.16

- a) $S1$ – unghi Dwell corect, $t1^*$ - timp de limitare a curentului corect;
- b) $S2$ – unghi Dwell prea mic;
- c) $S3$ – unghi Dwell prea mare, $t3^*$ - timp de limitare a curentului prea mare

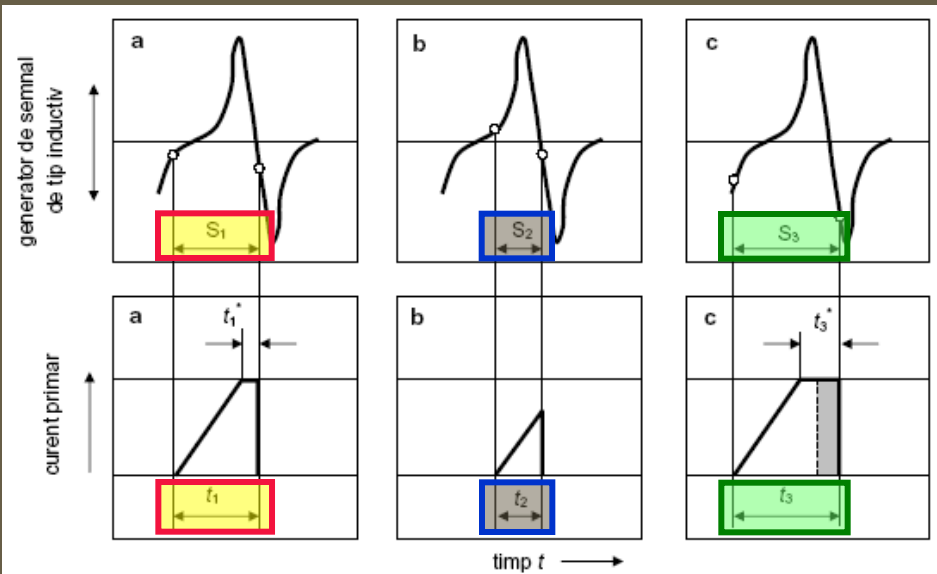


Figura 3.17

În cazul unui distribuitor echipat cu generator Hall, triggerul trebuie precedat de un etaj formator, întrucât generatorul Hall nu poate furniza un semnal analog celui de la generatorul de impulsuri de tip inductiv.

Circuitul formator convertește semnalul rectangular furnizat de generatorul Hall într-un semnal triunghiular sau în dinți de fierăstrău. În cazul unei modificări a unghiului Dwell, nivelul triggerul se deplasează de-a lungul rampei (figura 3.18).

- a) *S1 – unghi Dwell corect, t_1^* - timp de limitare a curentului corect;*
- b) *S2 – unghi Dwell prea mic;*
- c) *S3 – unghi Dwell prea mare, t_3^* - timp de limitare a curentului prea mare*

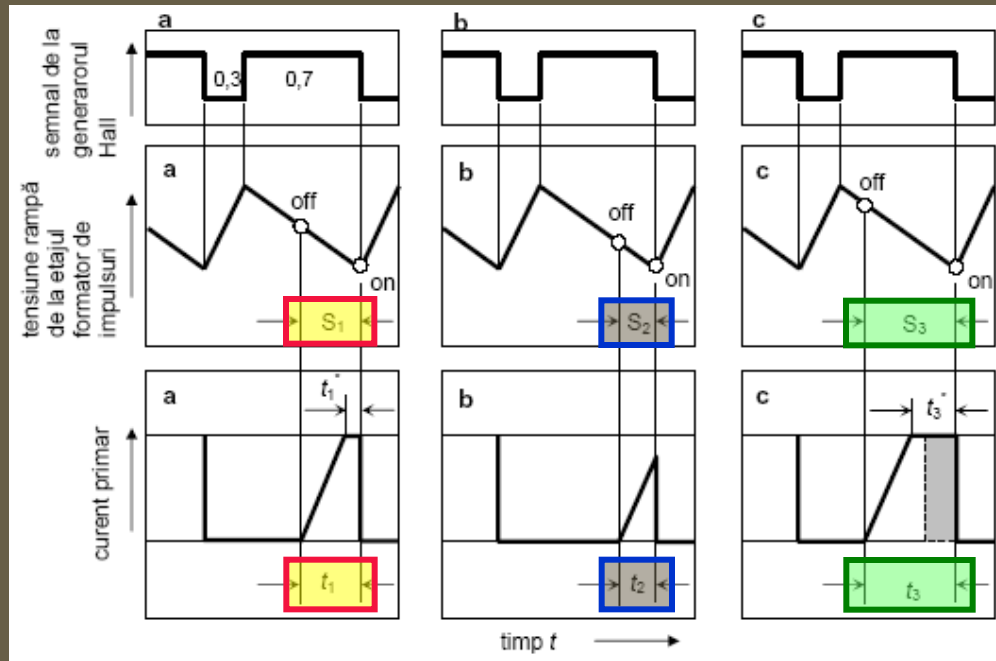


Figura 3.18

Atât pentru figura 3.17, cât și pentru figura 3.18, sunt valabile următoarele constatări:

- a) curentul primar atinge valoarea dorită. Timpul de limitare a curentului primar nu este prea mare;
- b) curentul primar nu atinge valoarea dorită, de exemplu în cazul unei accelerări bruște. Cu ajutorul controlului Dwell în buclă închisă, unghiul Dwell este mărit în următorul ciclu într-o asemenea măsură încât curentul primar dorit să atingă din nou valoarea dorită;
- c) valoarea dorită a curentului primar atinge valoarea dorită, însă timpul de limitare este prea mare, datorită, de exemplu, unei decelerări însemnate a motorului. În următorul ciclu, unghiul Dwell va fi redus cu mărimea prezentată hașurat. Energia corespunzătoare ariei hașurate este convertită numai în căldură și deci de fapt se pierde.

Limitarea curentului primar

Întrucât rezistențele de balast nu mai sunt necesare în circuit, etajul de ieșire, spre deosebire de aprinderile tranzistorizate mai vechi, trebuie să permită de asemenea limitarea curentului primar. În acest fel se pot utiliza bobine de inducție cu rezistență scăzută a înfășurării primare.

Valoarea maximă a curentului primar nu mai este acum precizată de rezistența totală a circuitului primar, ci de acțiunea limitatorului de curent din circuitul de aprindere. Valoarea dorită a curentului primar este specificată prin fixarea limitei de curent în circuitul de aprindere.

Limitarea de curent funcționează (într-o analiză simplificată) atunci când valoarea dorită a curentului primar este atinsă la nivelul traductorului de curent (de tip rezistiv), ca în schema bloc din figura 3.19.

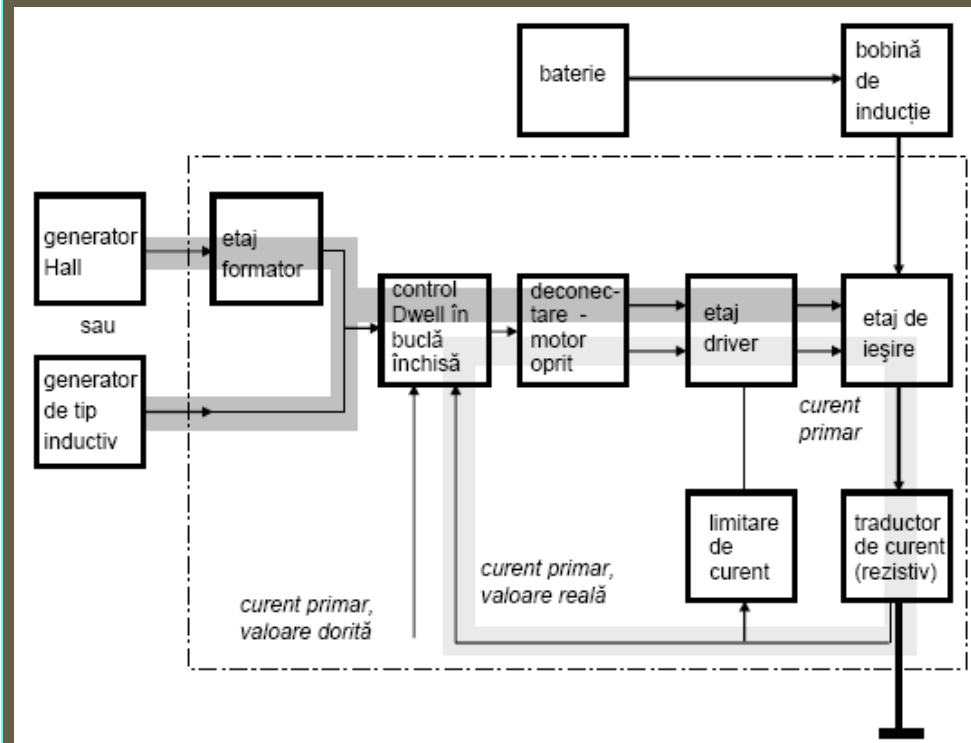


Figura 3.19

Căderea de tensiune produsă este recunoscută de circuitul de limitare a curentului ce controlează funcționarea tranzistorului de ieșire în regim de rezistență de balast controlată electronic. Căderea de tensiune pe tranzistorul de ieșire poate lua astfel diferite valori. Cu etajul de limitare de curent, căderea de tensiune pe tranzistorul de ieșire în perioada de limitare a curentului atinge valori de 6 ... 8 V.

Deconectarea la motor oprit

Pentru a evita suprasarcinile la care este supus sistemul de aprindere când motorul este oprit și contactul este pus, etajul de ieșire este deconectat în mod automat după cel mult o secundă. Când motorul este pornit, sistemul dă imediat la ieșire scânteele de aprindere.

Etajul driver. Etajul driver, cu limitarea de curent și interfața de suprimare a aprinderii, corespunde celui utilizat în sistemele convenționale de aprindere tranzistorizată.



CONTROLUL ELECTRONIC AL AVANSULUI

Sistemele electronice de aprindere cu distribuitor convențional cu reglaj centrifugal și vacuumatic al avansului, pot asigura numai caracteristici simple de avans la aprindere. Aceste sisteme nu pot acoperi în totalitate cerințele de funcționare ale motoarelor.

În cazul controlului electronic, nu se mai utilizează regulatorul mecanic al avansului din distribuitorul de aprindere.



Semnalul sub formă de impulsuri, folosit pentru declanșarea aprinderii, este utilizat ca semnal despre turație. Un sensor de presiune furnizează semnalul despre sarcină. Microcomputerul calculează timpul pentru avansul la aprindere necesar și modifică în mod corespunzător semnalul de ieșire ce este furnizat circuitului de aprindere.

- Avansul la aprindere poate fi mai bine adaptat la cerințele variate și individuale în care funcționează motorul;
- Devine posibilă includerea unor parametri suplimentari pentru creșterea acurateții controlului (de exemplu temperatura motorului);
- Se asigură o comportare bună la pornire, se îmbunătățește controlul regimului de mers în gol și consumul de benzină se reduce;



- Se poate extinde interpretarea datelor de operare;
- Se poate introduce un control electronic antidetonație.

Funcționare: Cartograma caracteristică, de tipul celor ce pot fi utilizate pentru controlul electronic al avansului la aprindere cu sisteme cu microcomputer, are un aspect mult mai complicat în raport cu cartograma unui sistem de reglare mecanică.

Ca semnal de sarcină pentru sistemul de aprindere este folosit semnalul de ieșire de la un sensor de depresiune. Acest semnal și turația motorului se utilizează pentru a construi o caracteristică de aprindere tridimensională.

Cartograma face posibil să se controleze cel mai bine, în termeni referitori la poluare și consum, unghiul de aprindere pentru fiecare punct turație-sarcină.

În figura 3.20 a se prezintă o caracteristică la reglaj al avansului la aprindere cu reglatoare mecanice, iar în figura 3.20 b cartograma corespunzătoare pentru un sistem electronic.

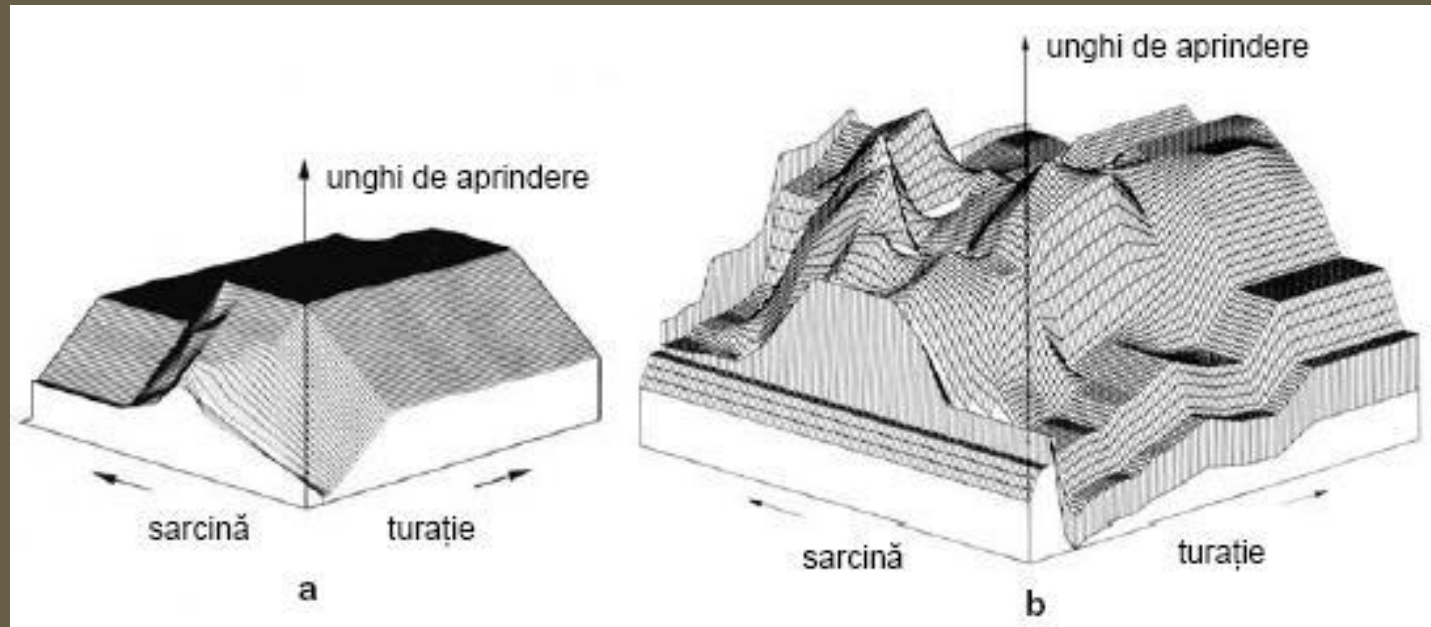
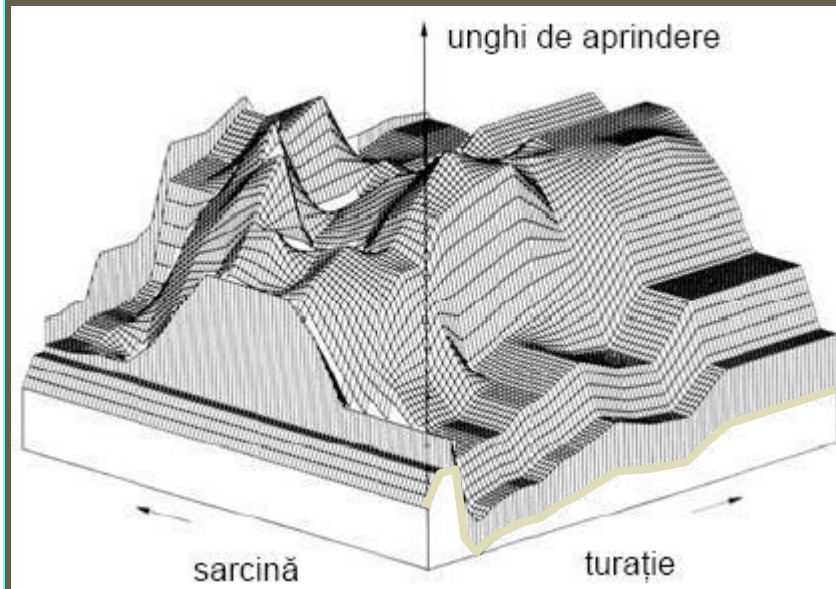


Figura 3.20

Întreaga cartogramă conține în total un număr de 1000 ... 4000 de puncte accesibile separat pentru controlul unghiului de avans la aprindere, funcție de necesități.



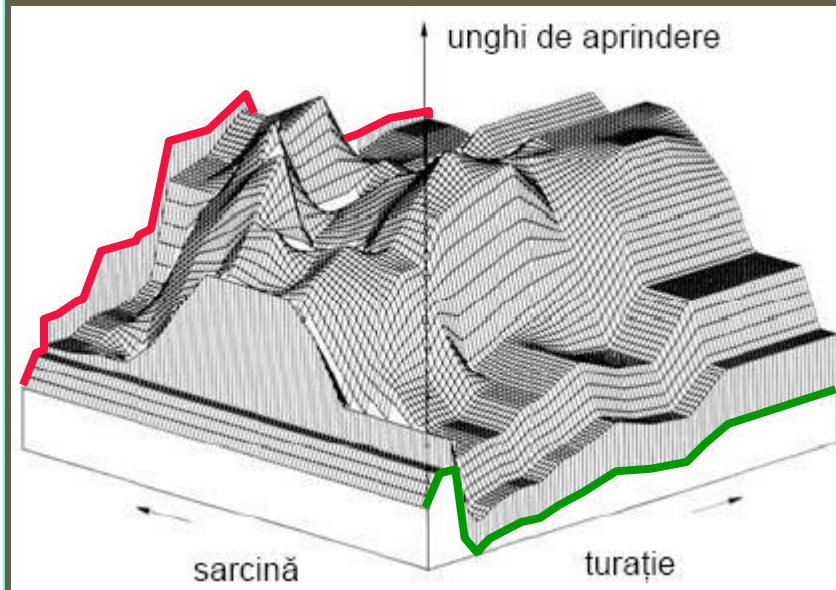
Când clapeta de accelerație este închisă, linia inferioară a cartogramei este selectată ca fiind caracteristica de mers în gol / mers în gol forțat. Pentru turații sub valoarea dorită de mers în gol, unghiul de aprindere capătă avans suplimentar cu scopul de a stabili turația de mers în gol prin creșterea cuplului.



Pentru regimul de mers în gol forțat, avansul la aprindere este programat pentru a optimiza conținutul gazelor de evacuare și motricitatea (*“driveability”*).

La sarcină plină, este selectată zona corespunzătoare liniei superioare a cartogramei.

În acest regim valoarea avansului se programează la valoarea cea mai favorabilă, funcție de limita de detonație a motorului.



Pentru pornire se utilizează o curbă a unghiului de aprindere ca o funcție de turația și temperatura motorului, independentă de cartograma de aprindere. În acest fel se poate asigura un cuplu mare al motorului în faza de pornire.

În funcție de diferitele cerințe, în sistem se pot utiliza cartograme de diferite complexități sau este posibil să se asigure numai câteva curbe de programare a avansului la aprindere.

De exemplu, un sistem integrat de control integral al avansului este prevăzut în sistemul Bosch Motronic.

De asemenea, un control electronic al avansului la aprindere poate fi implementat ca o completare la un sistem electronic de aprindere (sub forma unui sistem suplimentar de control al avansului de producere a scânteii de aprindere).



Unitatea de control al avansului la aprindere

Circuitul pentru controlul electronic al avansului la aprindere poate fi realizat folosind un microcomputer corespunzător.

Mărimile de intrare, cum ar fi semnalele de la comutatoare, semnalele sub formă de impulsuri sau de la senzori analogici, sunt furnizate microcomputerului fie direct, fie prin intermediul unui convertor analog – digital (figura 3.21).

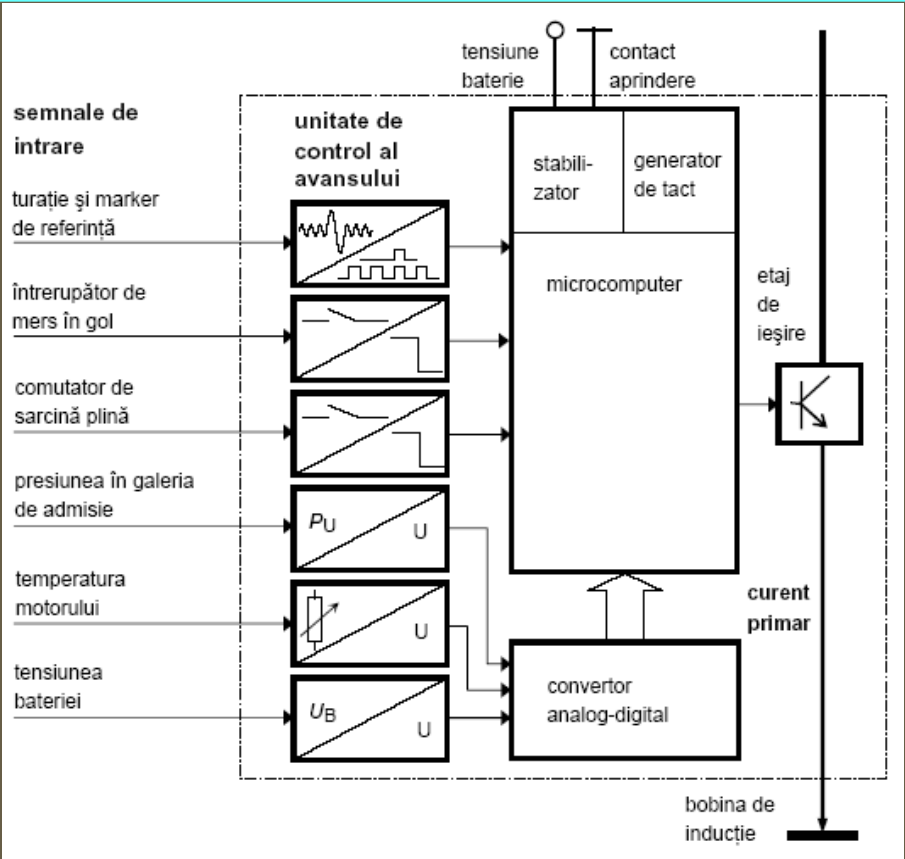
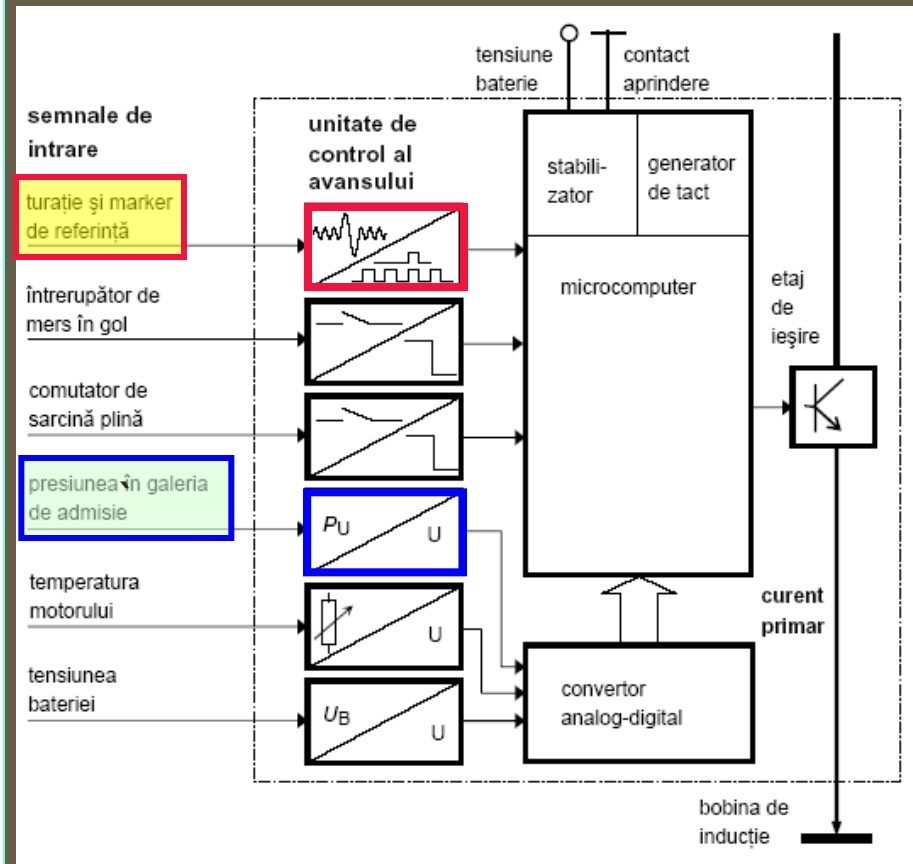
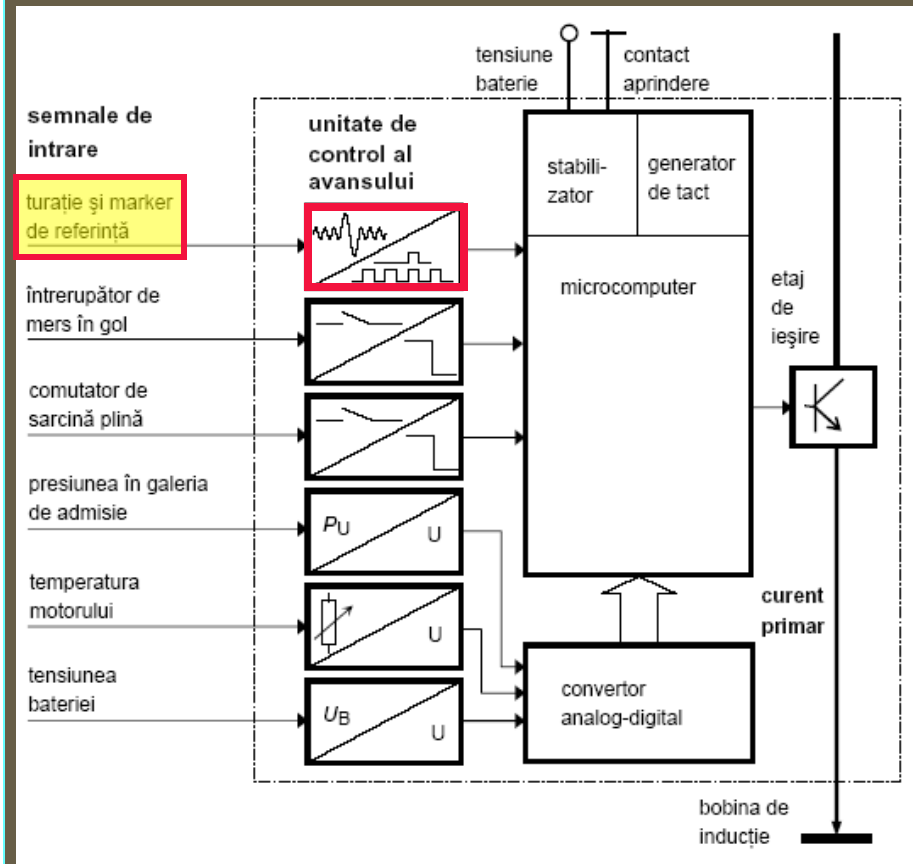


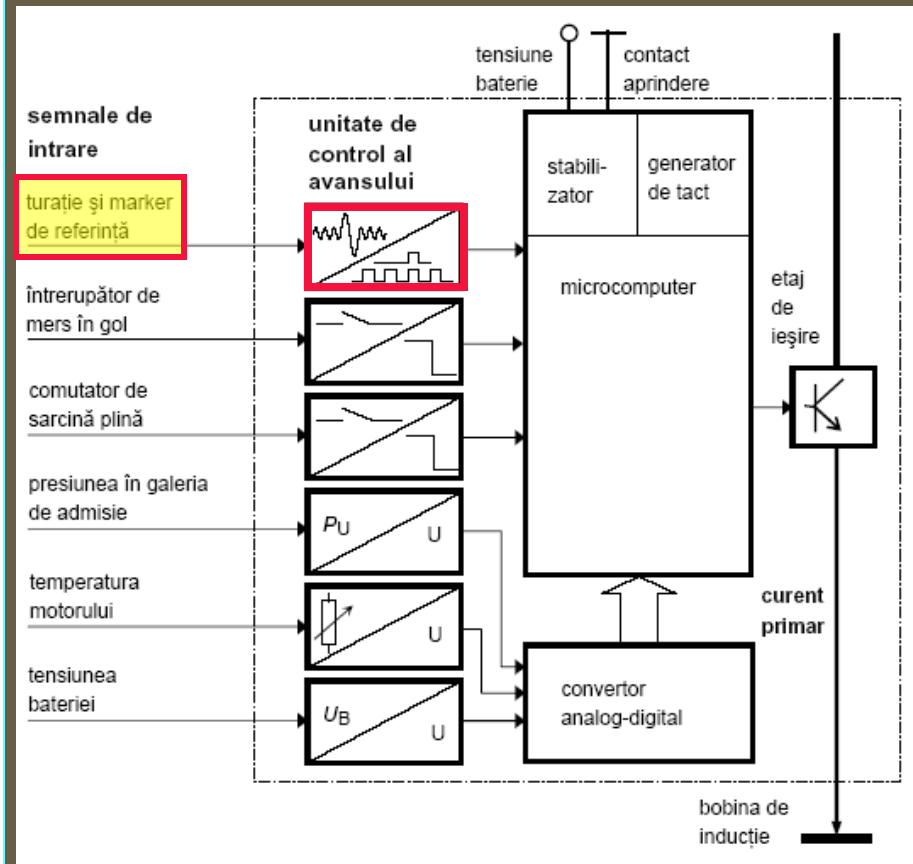
Figura 3.21



Semnale de intrare. Pentru controlul punctului de aprindere se folosesc două mărimi principale: **turația motorului / poziția unghiulară a arborelui cotit și presiunea din galeria de admisie.**

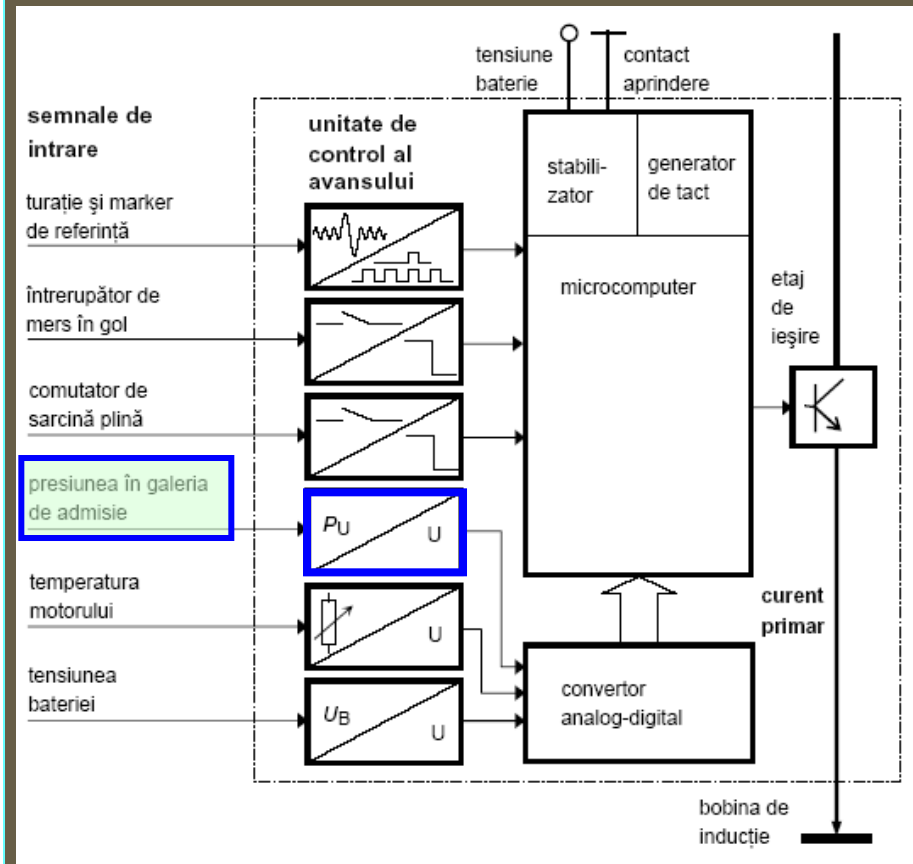


Turația motorului și poziția arborelui cotit. Turația este măsurată, de exemplu, cu ajutorul unui generator inductiv de impulsuri ce sesizează dinții unei roți dințate speciale montate pe volanta motorului. Ca urmare, datorită modificării fluxului magnetic, se induce o tensiune alternativă. Tensiunea alternativă astfel apărută este evaluată de către unitatea electronică de control.



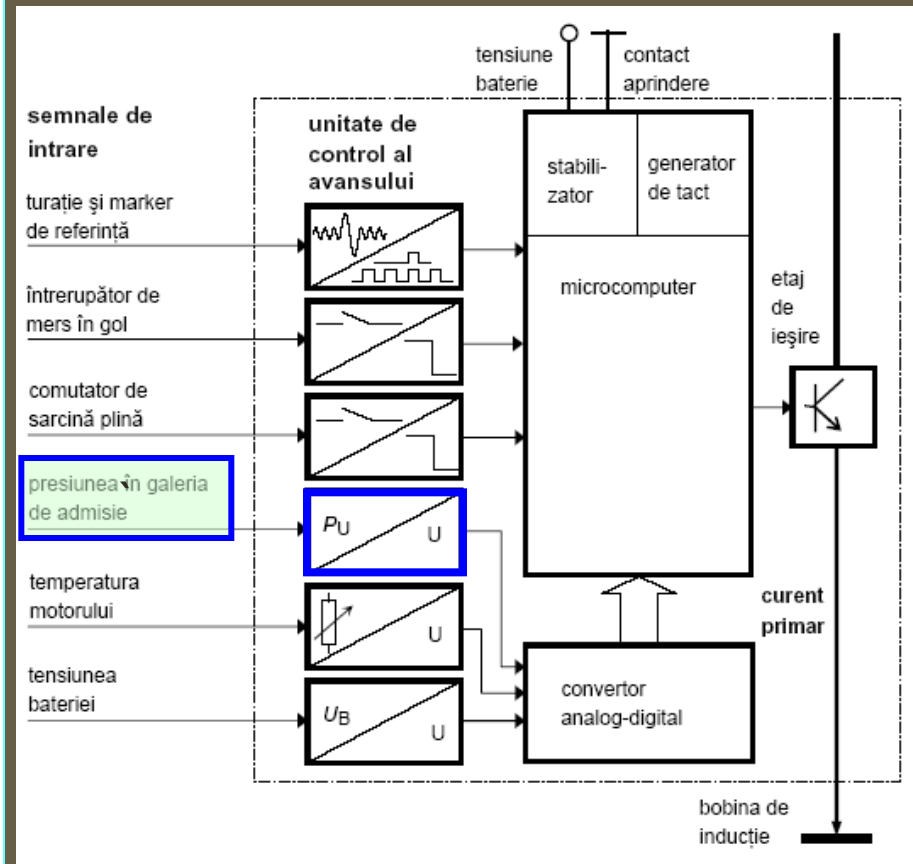
Pentru a măsura cu precizie poziția arborelui cotit, roata dințată are o pauză ce este sesizată de generatorul de impulsuri de tip inductiv. Acest semnal este apoi prelucrat într-un circuit special.

De asemenea este posibil să se măsoare turația motorului și să se obțină referința motorului folosind un generator Hall în distribuitorul de aprindere.

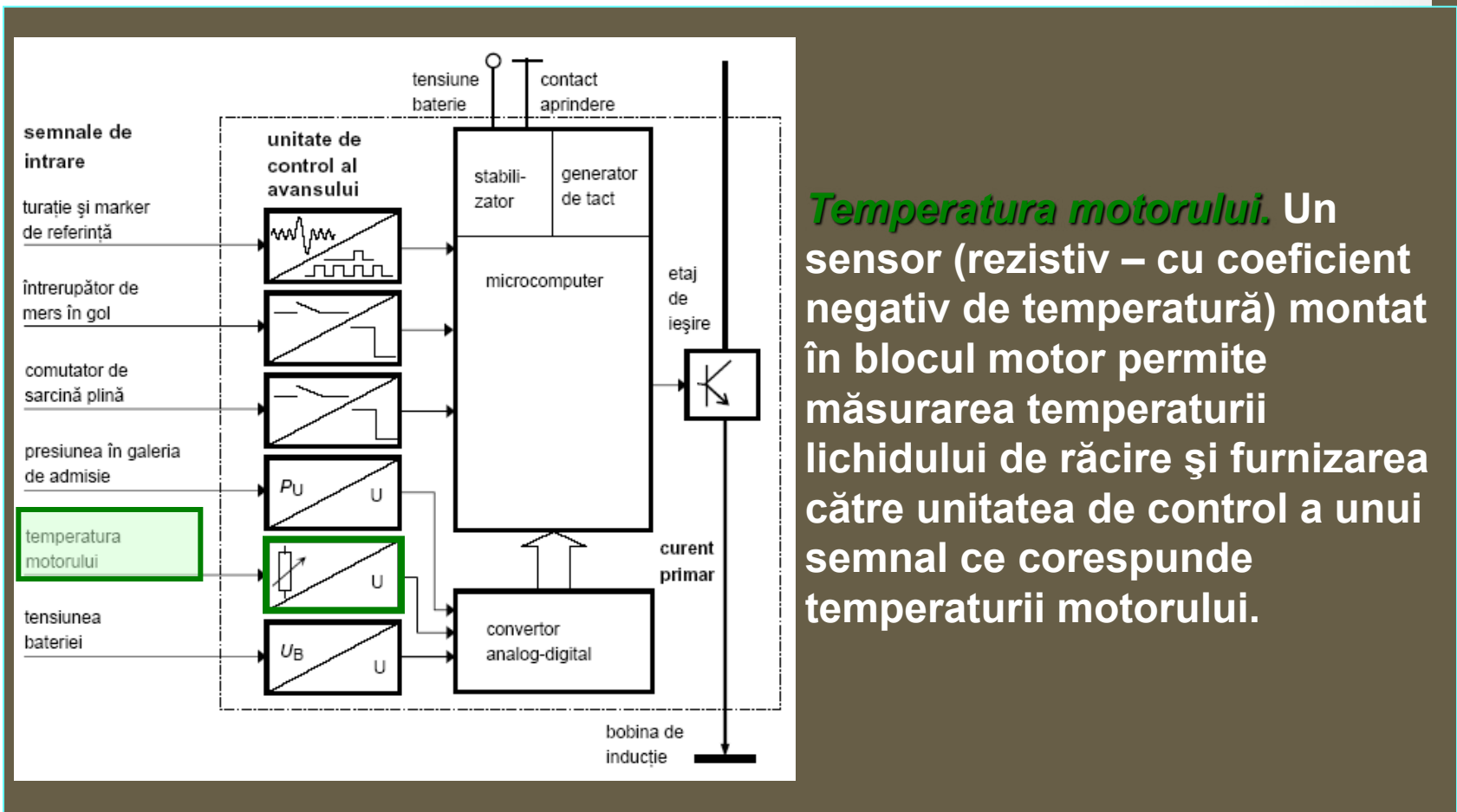


Sarcina (presiunea din galeria de admisie). Presiunea din galeria de admisie acționează asupra unui sensor de presiune cu membrană prin intermediul unui racord realizat cu un tub.

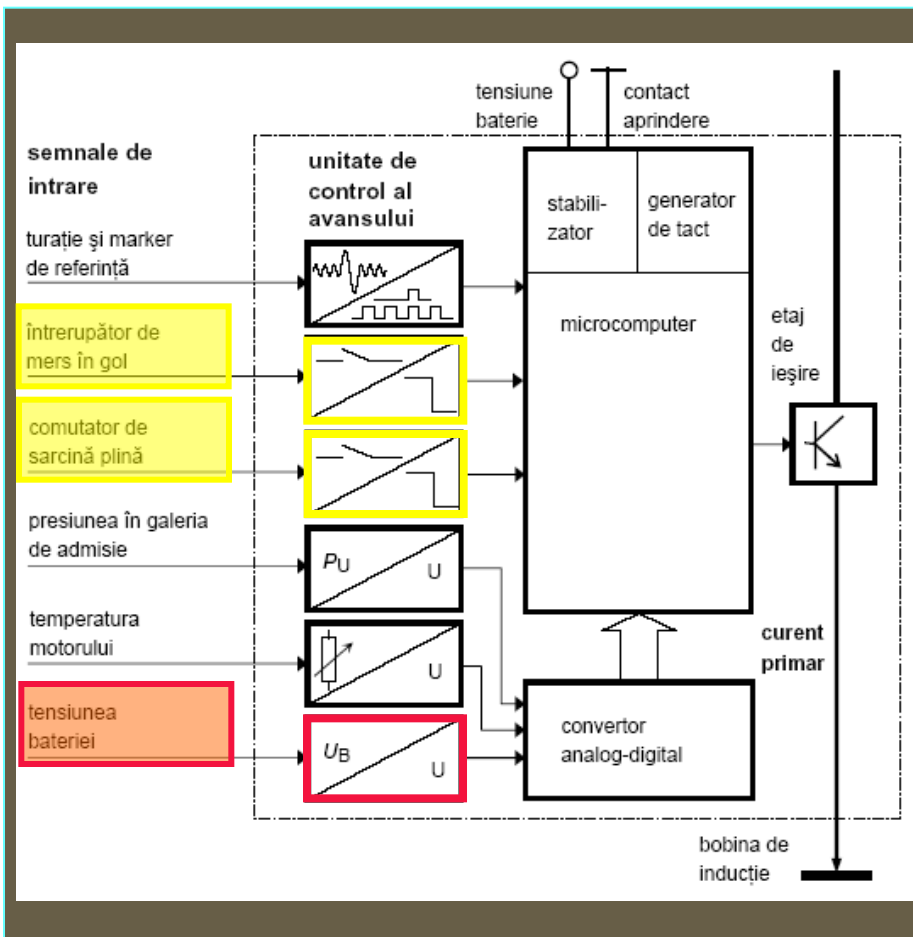
Deplasarea membranei modifică poziția unui magnet permanent. Acest fapt are ca rezultat modificarea câmpului magnetic ce acționează asupra unui element semiconductor (Hall).



Tensiunea Hall de ieșire din acest element semiconductor este direct proporțională cu câmpul magnetic și prin aceasta cu presiunea din galeria de admisie.

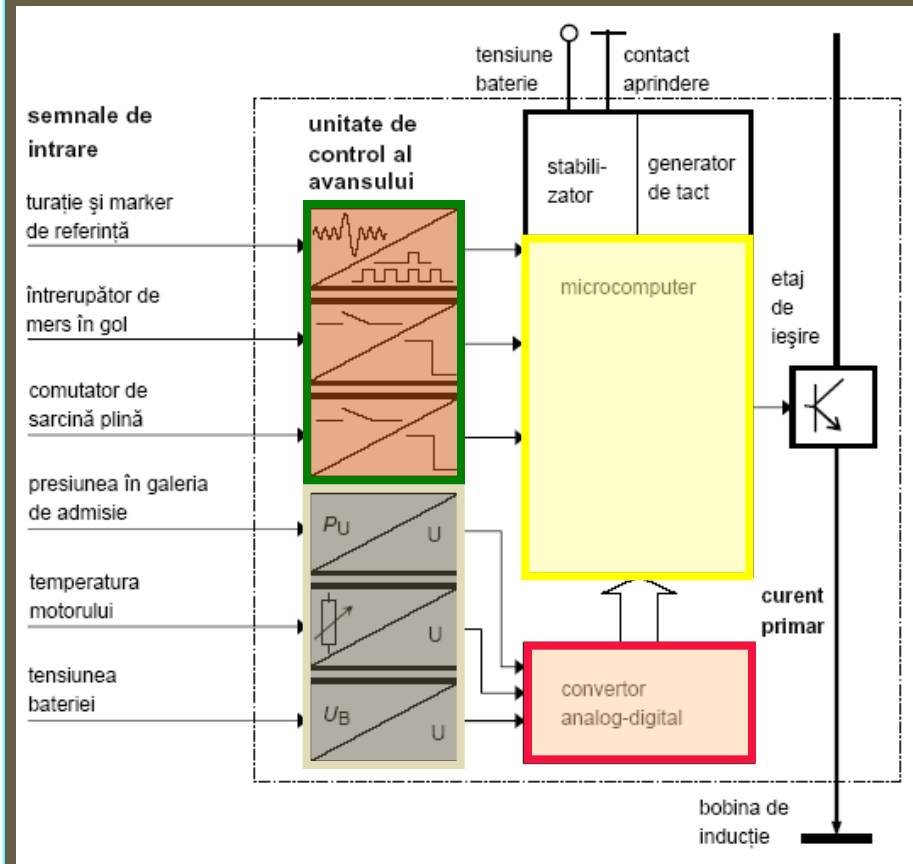


Temperatura motorului. Un sensor (rezistiv – cu coeficient negativ de temperatură) montat în blocul motor permite măsurarea temperaturii lichidului de răcire și furnizarea către unitatea de control a unui semnal ce corespunde temperaturii motorului.

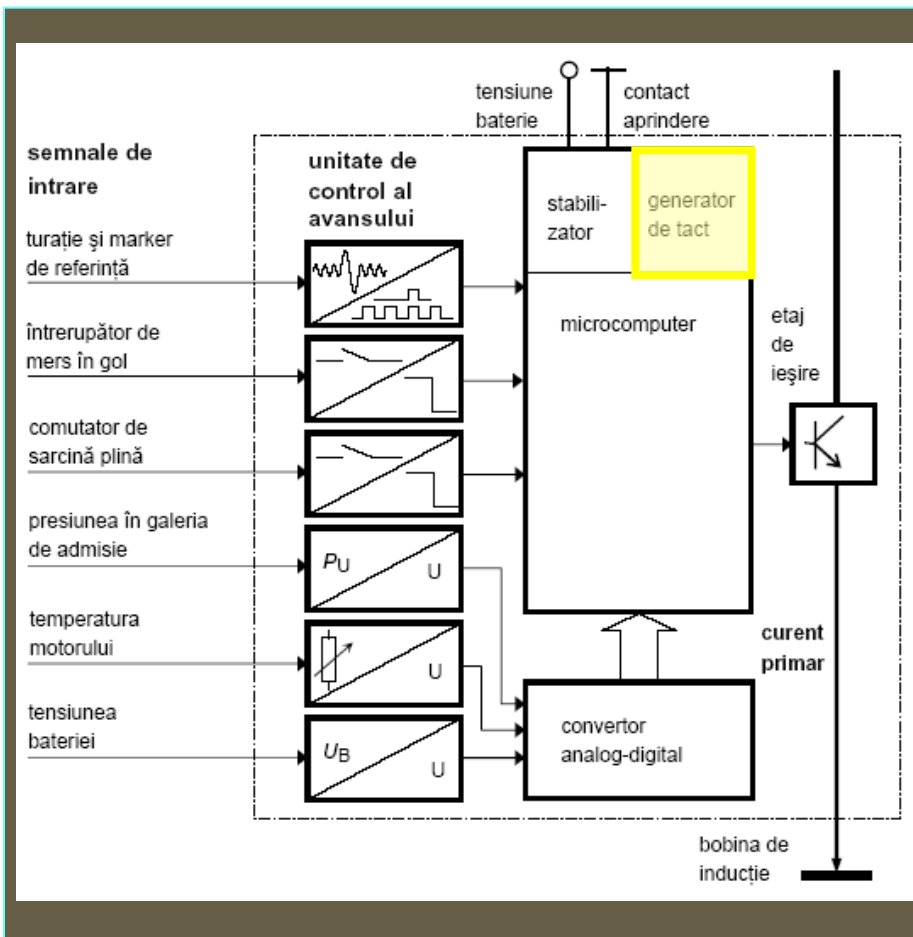


Tensiunea bateriei. Informația despre tensiunea bateriei este utilizată ca mărime de corecție și valoarea este măsurată de către unitatea de control.

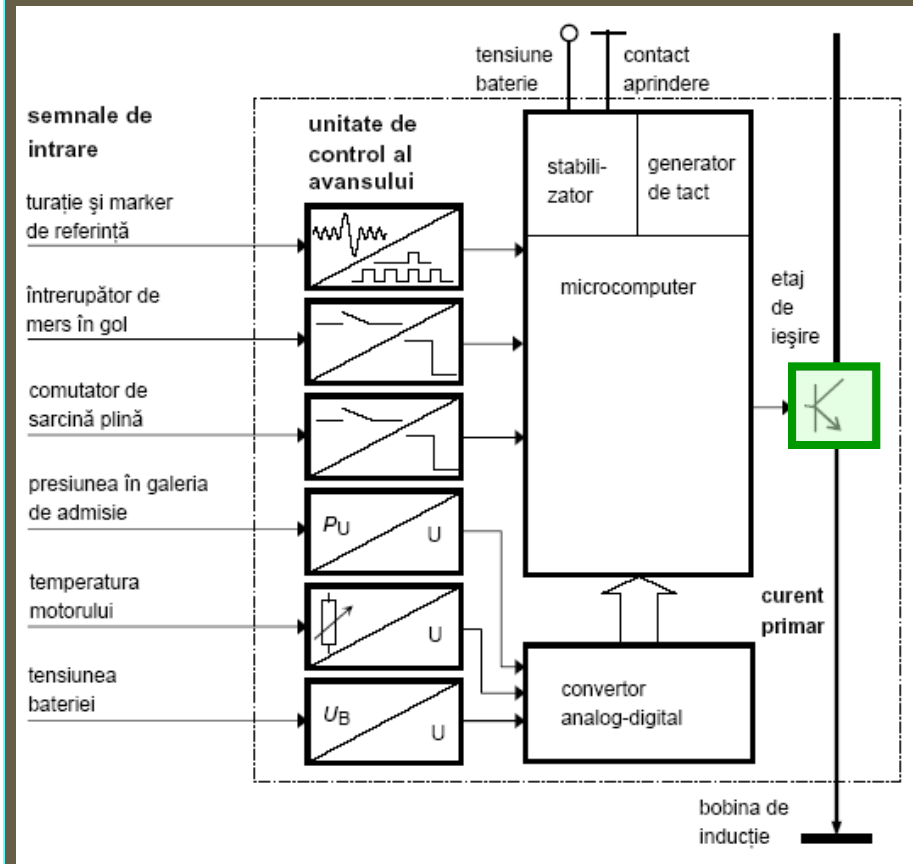
Poziția clapetei de accelerație. Când motorul este în regim de mers în gol sau la sarcină plină, un întrerupător al clapetei de accelerație, montat pe axul clapetei, furnizează un semnal corespunzător.



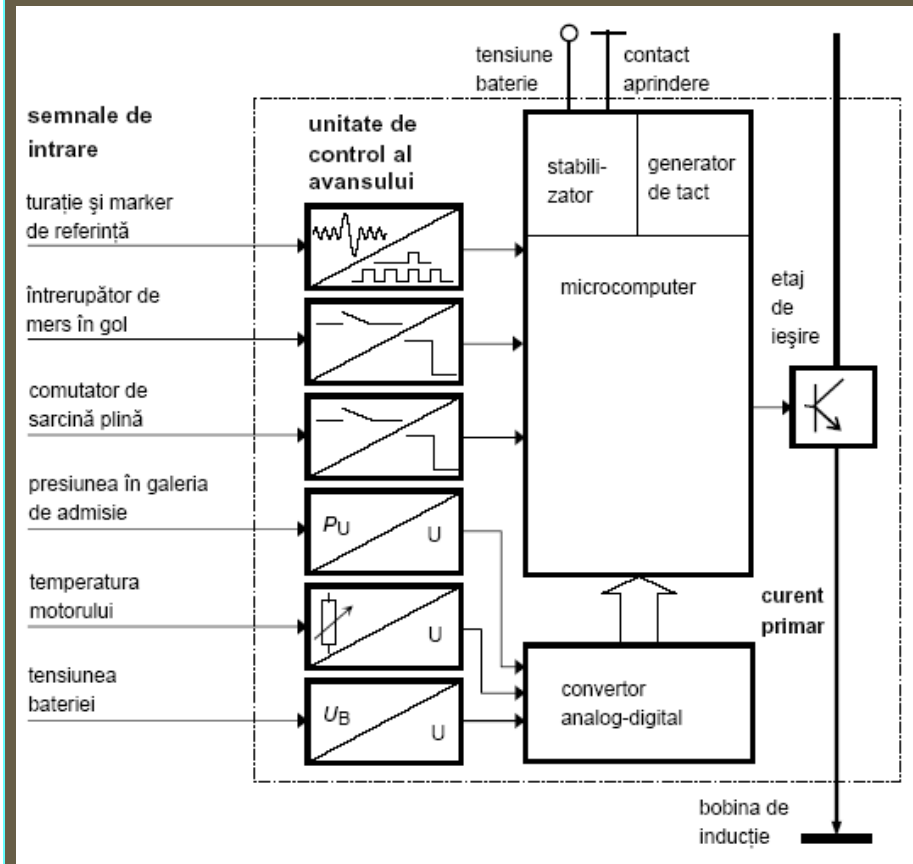
Prelucrearea semnalelor.
 Marimile analogice: presiune în galeria de admisie, temperatura motorului și tensiunea bateriei sunt convertite în mărimi numerice cu ajutorul unui **convertor analog-numeric.**
 Turația motorului, poziția arborelui cotit și poziția clapetei de accelerație sunt mărimi digitale și sunt furnizate direct **microcomputerului.** Microcomputerul prelucrează aceste semnale.



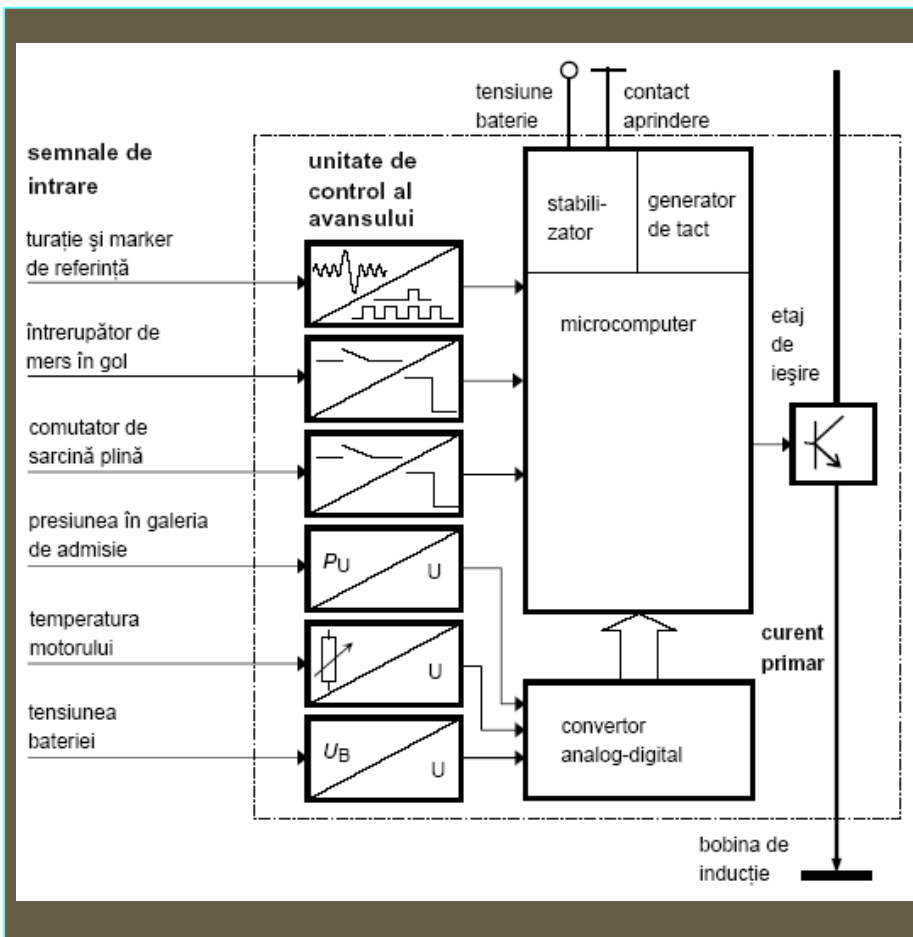
Acesta folosește un microcon-
 troller (microprocesor), un
generator cu cuarț pentru
 generarea semnalelor de tact, o
 memorie programabilă ROM și o
 memorie RAM pentru schimbări
 rapide de date.
 Valorile pentru perioadele de
 aprindere și Dwell sunt
 actualizate până la de 9300 de
 ori pe minut.
 Valorile sunt recalculat în așa
 fel încât să fie capabile să
 asigure punctul optim de
 aprindere – care este mărimea
 de ieșire pentru motor, în orice
 punct de funcționare.



Semnalul de ieșire pentru aprindere. Circuitul primar al bobinei de inducție este comutat de un **etaj de putere de ieșire** din unitatea electronică de control. Perioada Dwell este controlată astfel încât tensiunea secundară rămâne virtual constantă, fără a depinde de turația motorului și de tensiunea bateriei.



Tensiunea secundară ajunge la bujii de la bobina de inducție prin intermediul unui distribuitor de înaltă tensiune. Întrucât unitatea electronică de control asigură fixarea avansului la aprindere și declanșarea procesului de aprindere, eliminându-se astfel reguletoarele mecanice care erau plasate în corpul distribuitorului, singura funcție a acestuia este cea de a distribui înalta tensiune la bujii.



În prezent există din ce în ce mai multe sisteme electronice de control integral al aprinderii la care distribuitorul este de tip cu comutație statică pe partea de joasa tensiune (12 V), situație în care fiecare bujie are o bobină de inducție proprie. Constructiv, aceste bobine de inducție pot fi incluse în fișele de conectare a bujiilor, rezultând astfel o construcție compactă. Algoritmul de stabilire a avansului la aprindere este prezentat în figura 3.22.

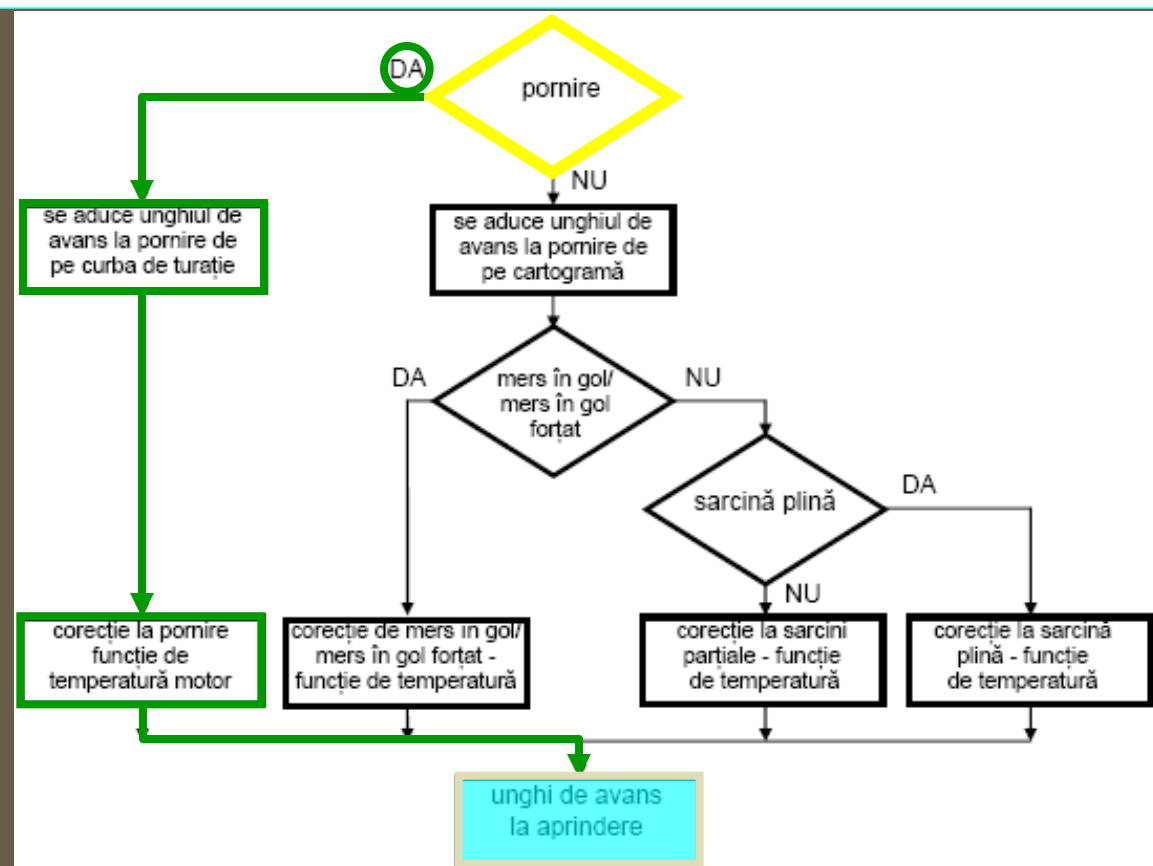


Figura 3.22

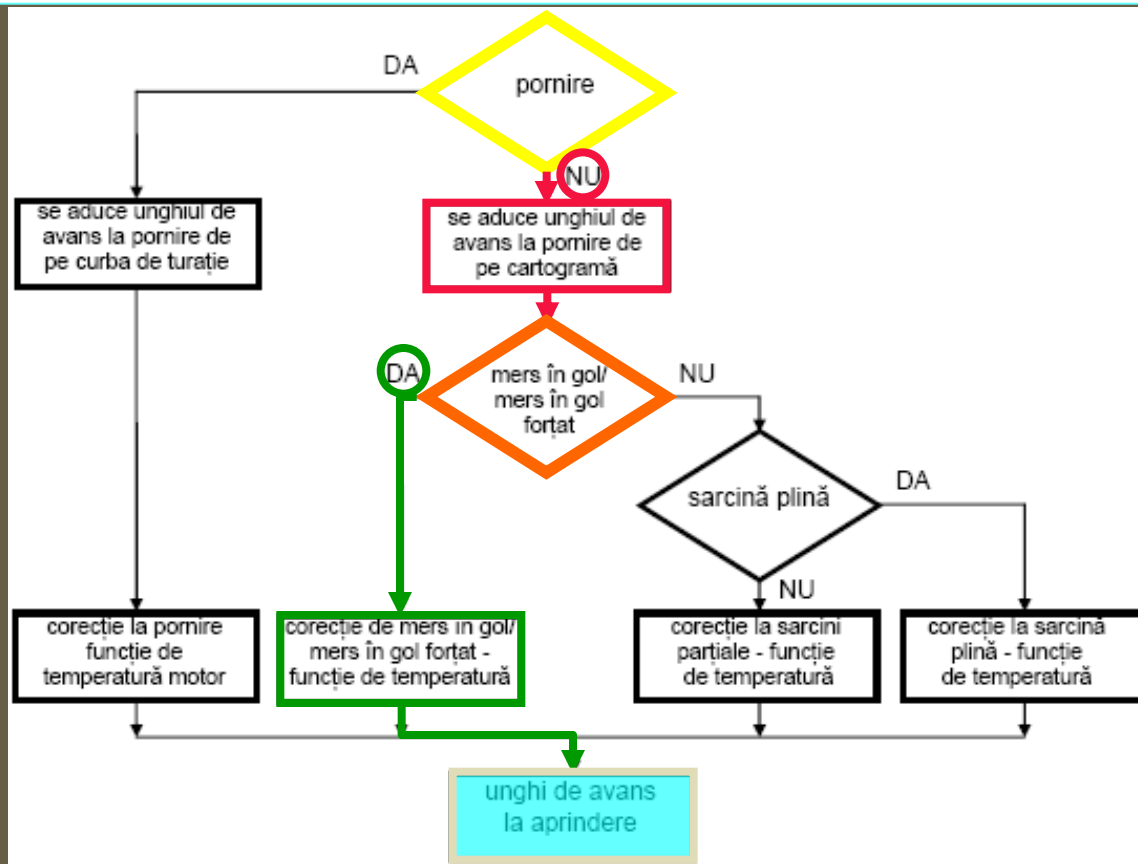


Figura 3.22

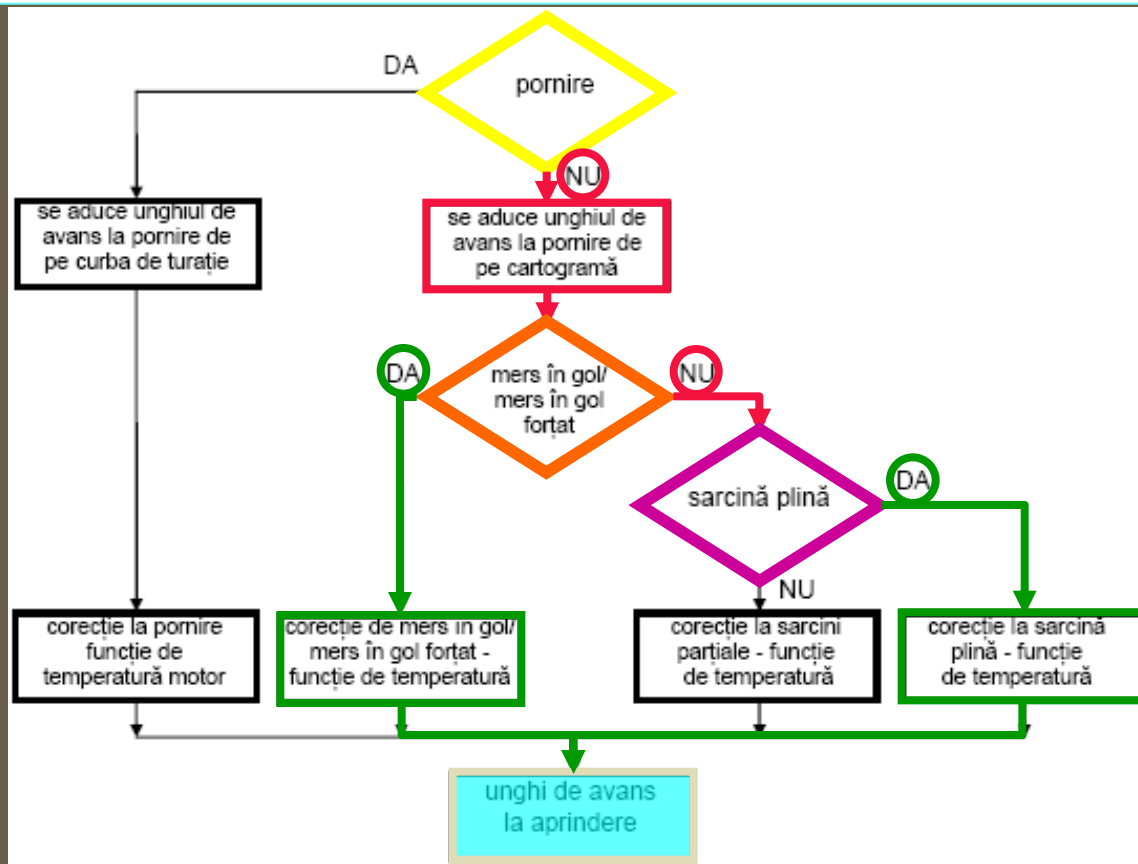


Figura 3.22

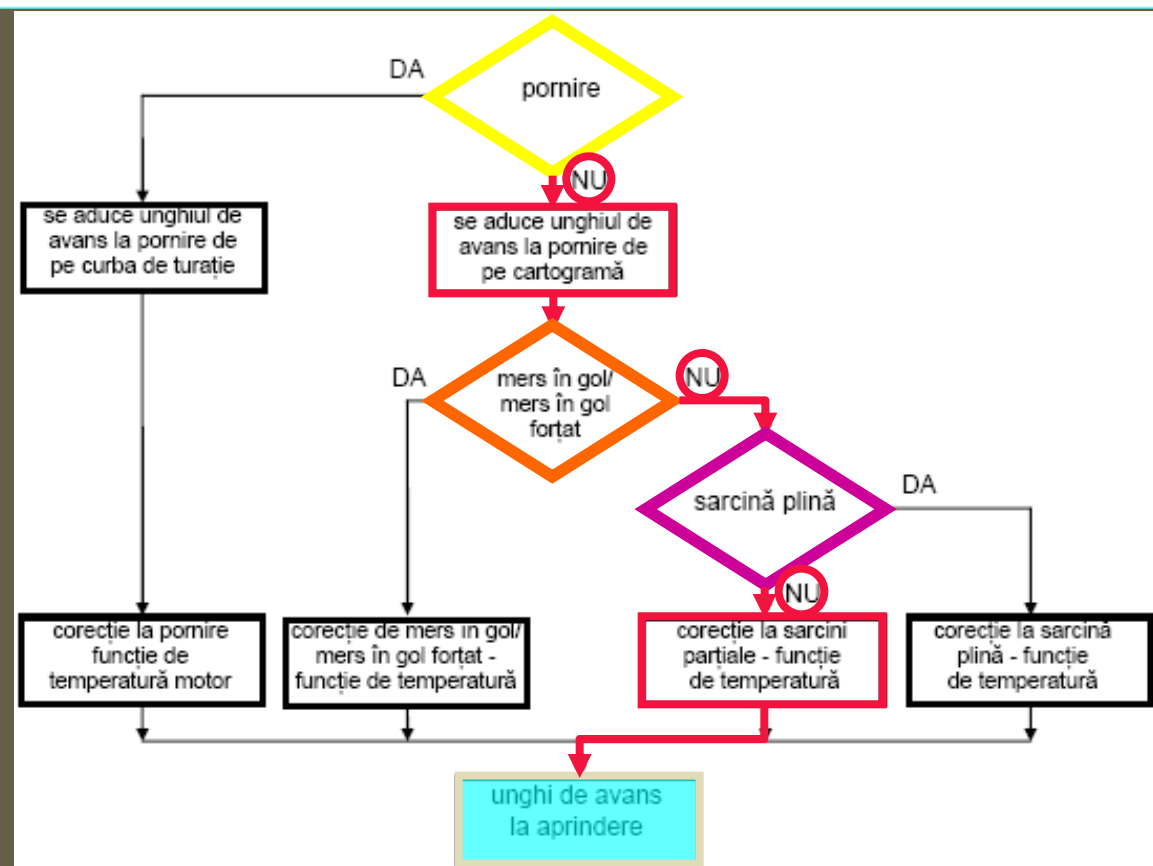


Figura 3.22

CONTROLUL ELECTRONIC AL DETONAȚIEI

Pentru a reduce consumul de benzină și a asigura un cuplu crescut se poate apela la creșterea raportului de comprimare.

Totuși, cu cât crește raportul de comprimare, cu atât se mărește pericolul aprinderii spontane, necontrolate, a amestecului. Apare arderea cu detonație.

Vibrațiile emise din camera de ardere sunt măsurate cu ajutorul unui sensor, detectate de un circuit de evaluare și furnizate circuitului de control.

În acest caz, unitatea de control întârzie momentul aprinderii până când motorul revine sub limita de detonație. Se obțin următoarele avantaje:

- La creșterea raportului de compresie crește cuplul motor și se reduce în mod corespunzător consumul specific de carburant;
- Cartograma de aprindere poate fi optimizată în raport cu puterea, consumul și emisia de gaze toxice;
- Sistemul de aprindere ia în considerare în mod automat limita de detonație a motorului, ca o funcție de condițiile de funcționare;
- Calitățile diferite ale benzinelor, efectul factorilor de mediu (presiune, temperatură) se compensează prin selecția automată a unghiului de aprindere corect;
- Electronica modernă face posibil să se realizeze detecția individuală a detonației în fiecare cilindru, în legătură cu un sistem adecvat de control al detonației.



Principiul de funcționare a controlului detonației în buclă închisă rezultă și din figura 3.23.

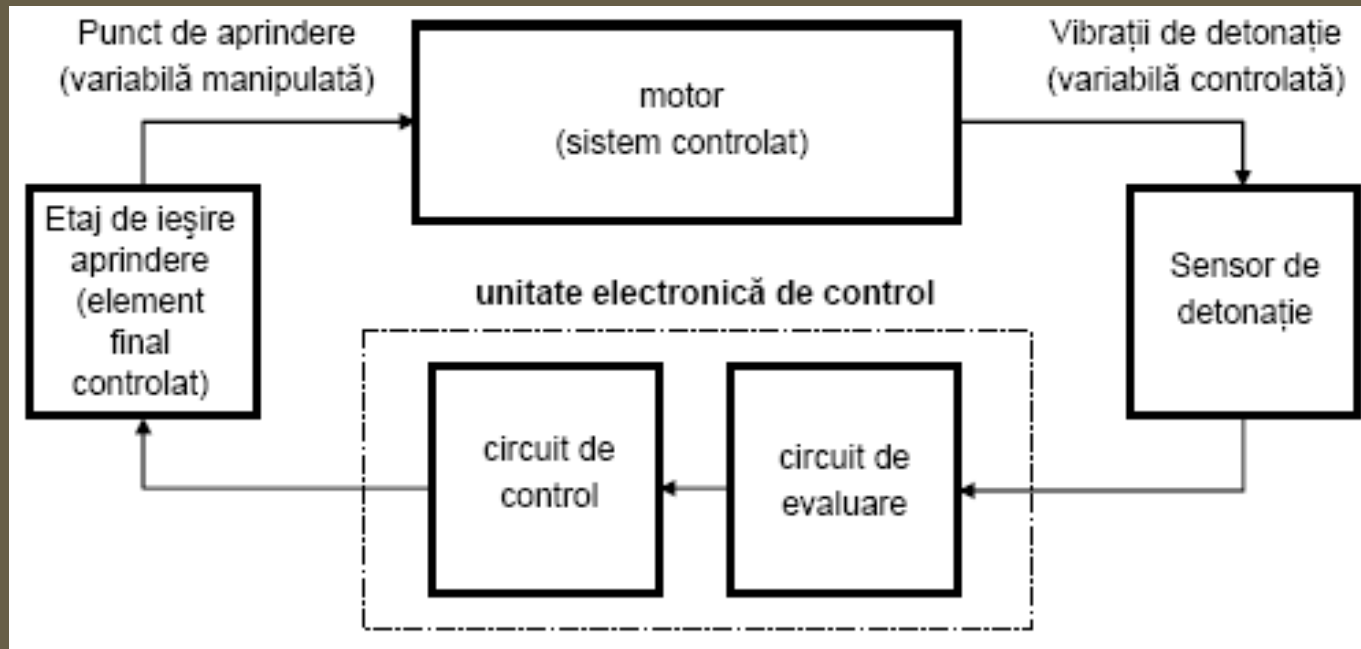
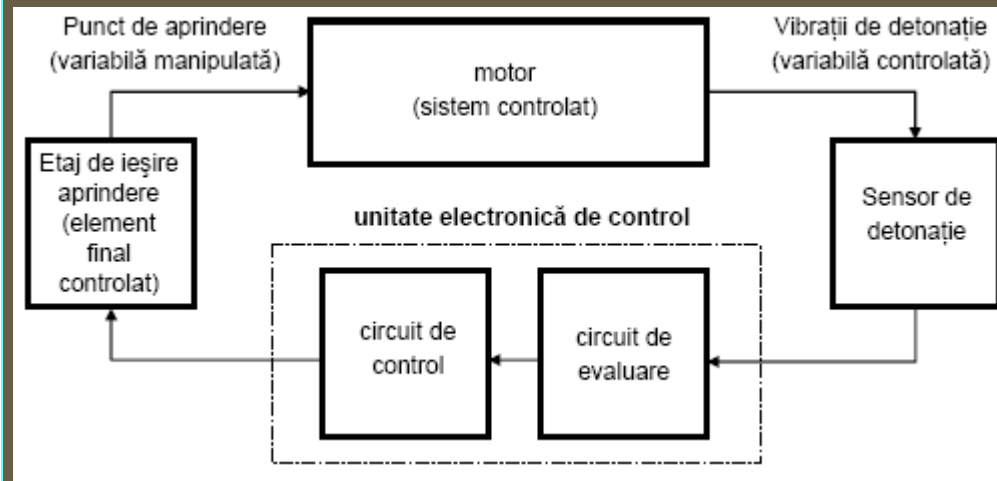


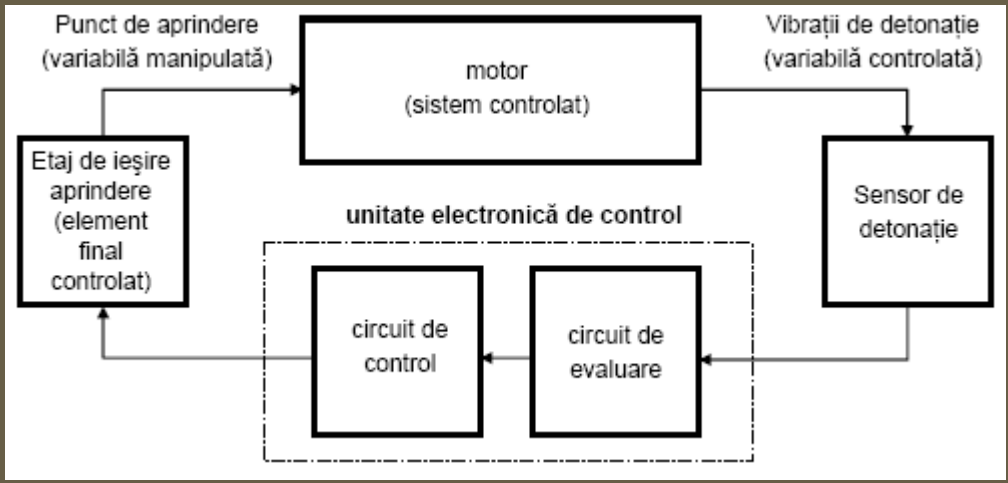
Figura 3.23

Proiectare. Sistemul de control al detonației poate fi utilizat ca o unitate separată, de sine stătătoare, împreună cu un sistem electronic de aprindere sau poate fi integrat în mod specific într-un sistem complex, sofisticat, cum ar fi Motronic (Bosch).



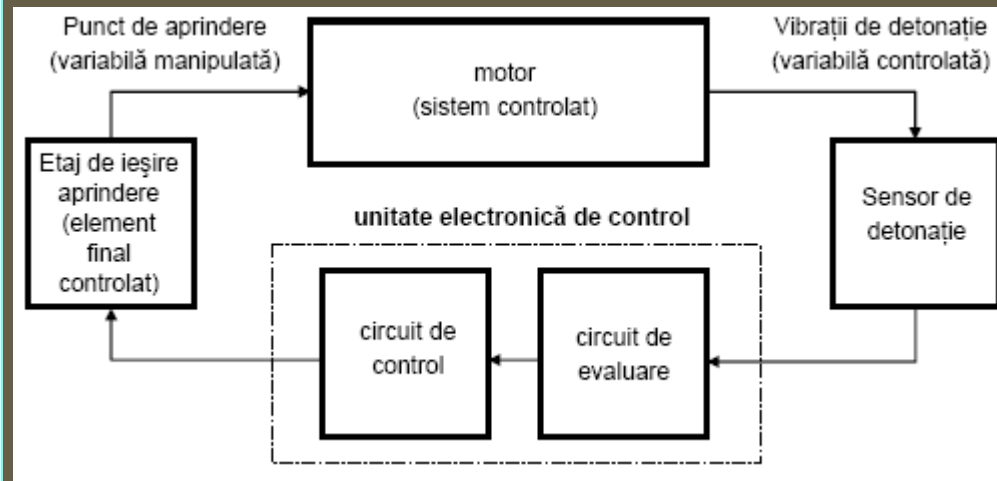
Posibilitatea de a combina aprinderea electronică și controlul detonației este o modalitate semnificativă de sporire a performanțelor motoarelor.

Pentru controlul detonației este necesar un sensor de detonație, fixat în blocul motor cu ajutorul unui filet. Sensorul constă dintr-un disc piezoceramic, asupra căruia acționează o masă seismică, fixate într-o montură din material plastic. Semnalul de la sensor este utilizat de o unitate electronică de control.

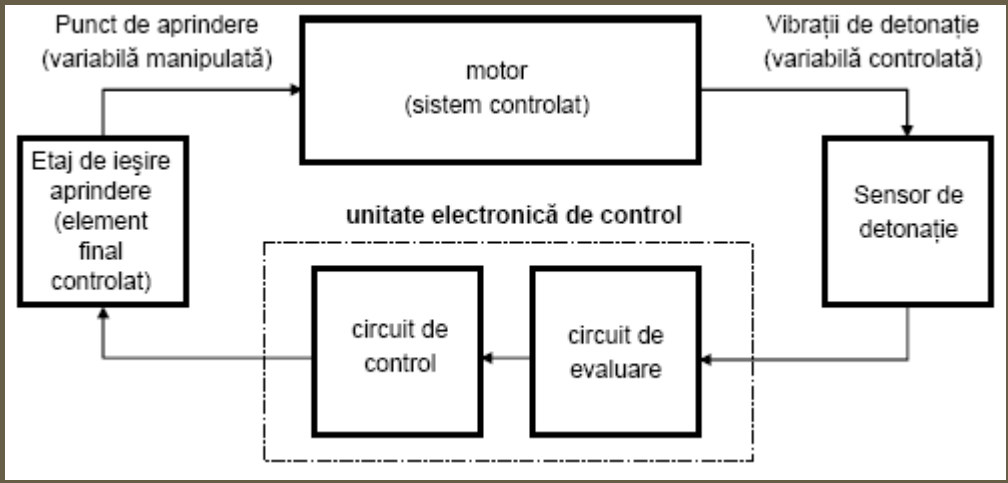


Controlul detonației poate fi combinat cu următoarele alte funcții:

- Schimbarea factorului de dozaj prin controlul injecției de benzină și suprimarea injecției în regimul de mers în gol forțat;
- Controlul recirculării gazelor de evacuare (sistemul EGR);



- **Diagnoză, recunoașterea automată a defectelor cu ajutorul microcontrolerului intern.**



Funcționare. Limita de detonație a motorului nu este descrisă de o valoare fixă, mai mult, ea depinde de diferitele condiții de funcționare. Este însă important să se detecteze limita de detonație specifică motorului.

Sensorul de detonație “ascultă” vibrațiile provenite de la blocul motor și convertește aceste vibrații în semnale electrice.

Unitatea de control în buclă închisă filtrează și analizează semnalul caracteristic detonației.



Așa cum se prezintă în figura 3.24, detecția detonației și controlul se realizează pentru fiecare cilindru în parte.

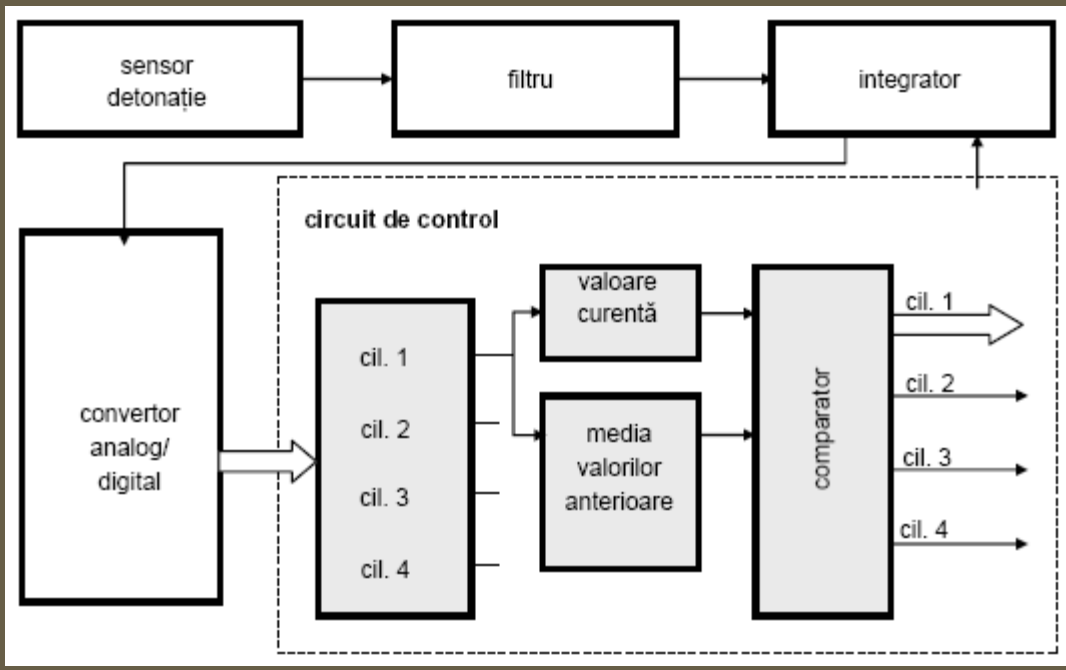
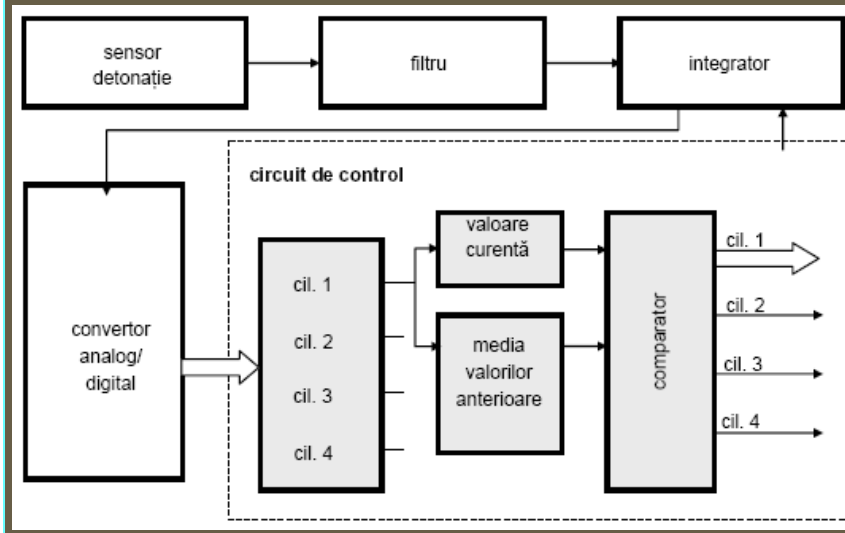


Figura 3.24

Semnalul de detonație este atribuit cilindrului corespunzător. În acest mod este posibil să se adapteze individual tipul de control folosit pentru fiecare cilindru.

Odată ce a fost detectată detonația, circuitul de control întârzie imediat punctul de aprindere pentru cilindrul corespunzător (de exemplu cu 1,5° RAC). Acest proces este repetat pentru fiecare aprindere ce urmează dacă sensorul detectează din nou detonație.



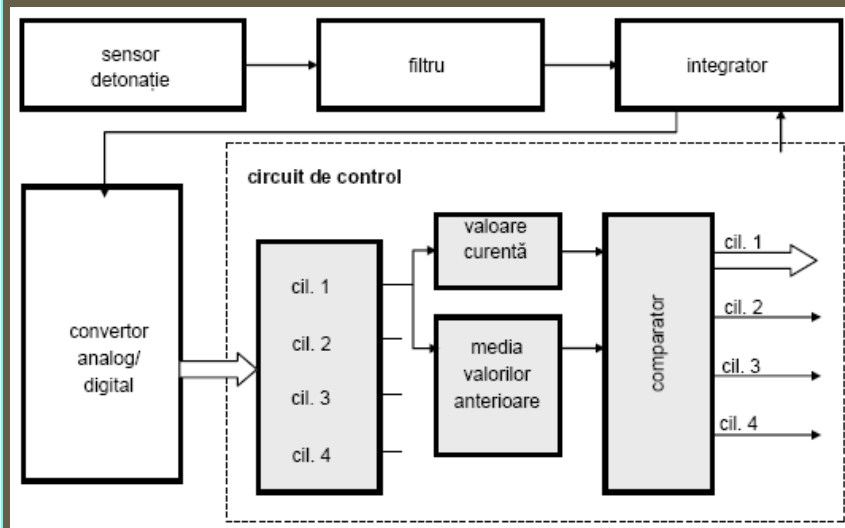
Procesul este continuat până când sensorul nu mai “aude” nici o detonație.

După acesta sistemul de control avansează pas cu pas (de exemplu cu 0,15° RAC) spre valoarea memorată pe cartogramă, care este mai apropiată de limita de detonație a motorului.

În acest mod se mențin optime randamentul motorului și consumul de benzină.

Semnalul din circuitul de control declanșează etajul de ieșire pentru aprindere.

Un circuit de siguranță identifică funcționarea necorespunzătoare și defectele, asigurându-se astfel faptul că motorul nu poate fi exploatat în zone în care detonația reprezintă un real pericol.



În aceste situații, punctul de aprindere este întârziat în mod suficient și se aprinde indicatorul de avarie pe bordul automobilului. Sistemul de control al siguranței are două circuite: 1 – senzorul, adaptorul și circuitul de evaluare și 2 – microcomputerul.

În figura 3.25 se prezintă un detaliu de montare a sensorului de detonație, iar în figura 3.26 o secțiune prin sensor.

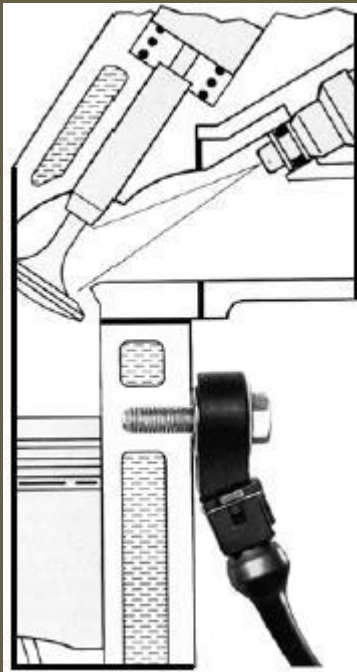


Figura 3.25

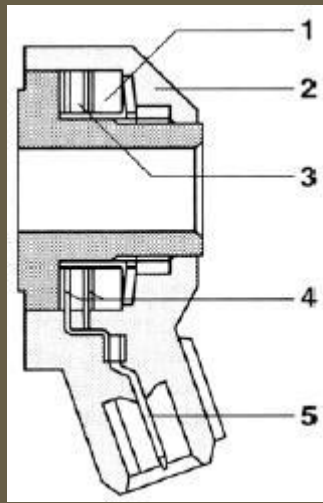


Figura 3.26

- 1 – masă seismică
- 2 – masă izolantă (plastic)
- 3 – element piezoceramic
- 4 – contacte
- 5 – terminale

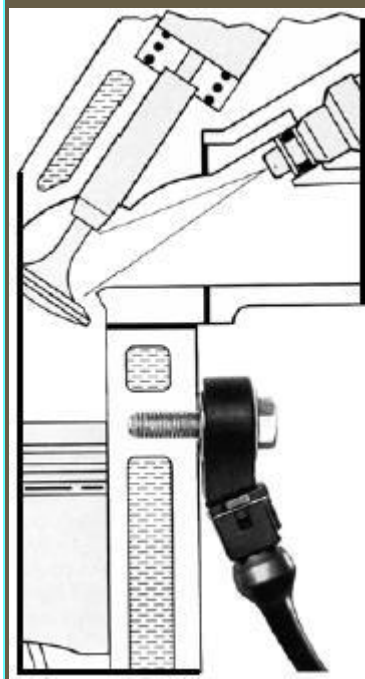


Figura 3.24

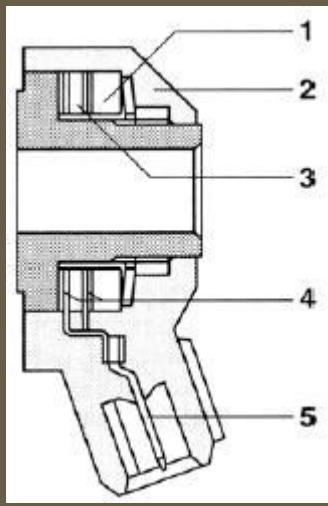


Figura 3.25

Acesta este de fapt un sensor de accelerație de bandă largă, cu o frecvență naturală ce depășește 25 kHz.

Sensorul este încorporat într-o masă plastică ce asigură izolare termică. Temperatura maximă de funcționare permisă este de 130°C.

În figura 3.27 se arată modul în care acționează controlul antidetonație în timpul funcționării motorului.

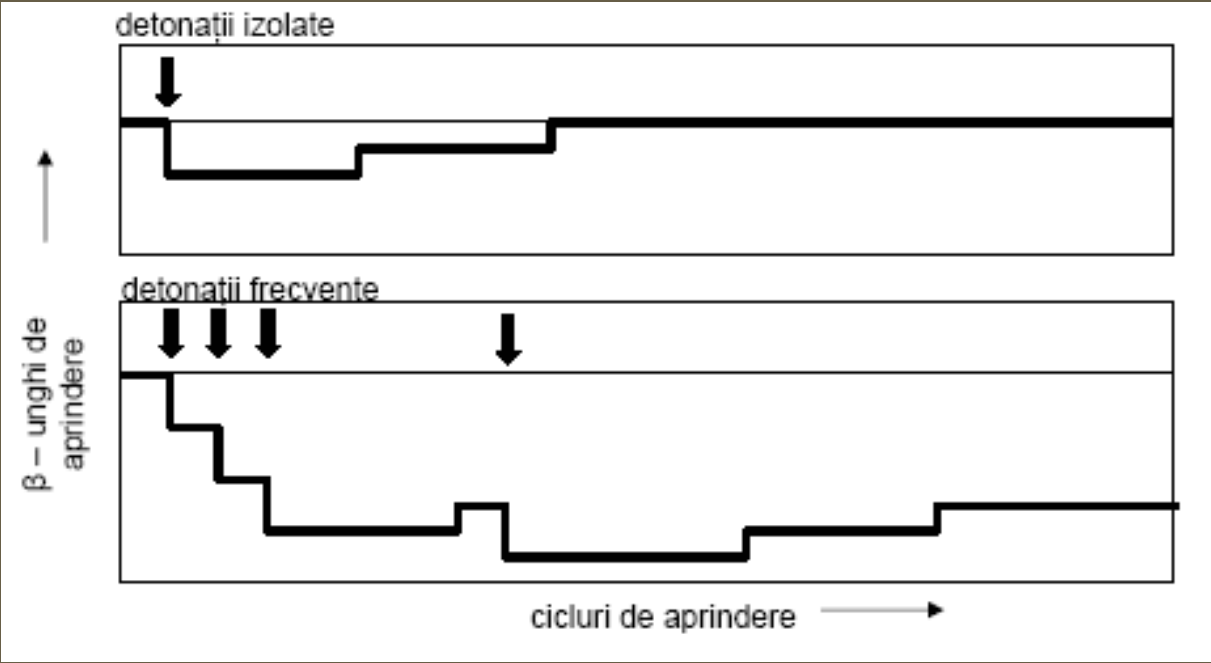
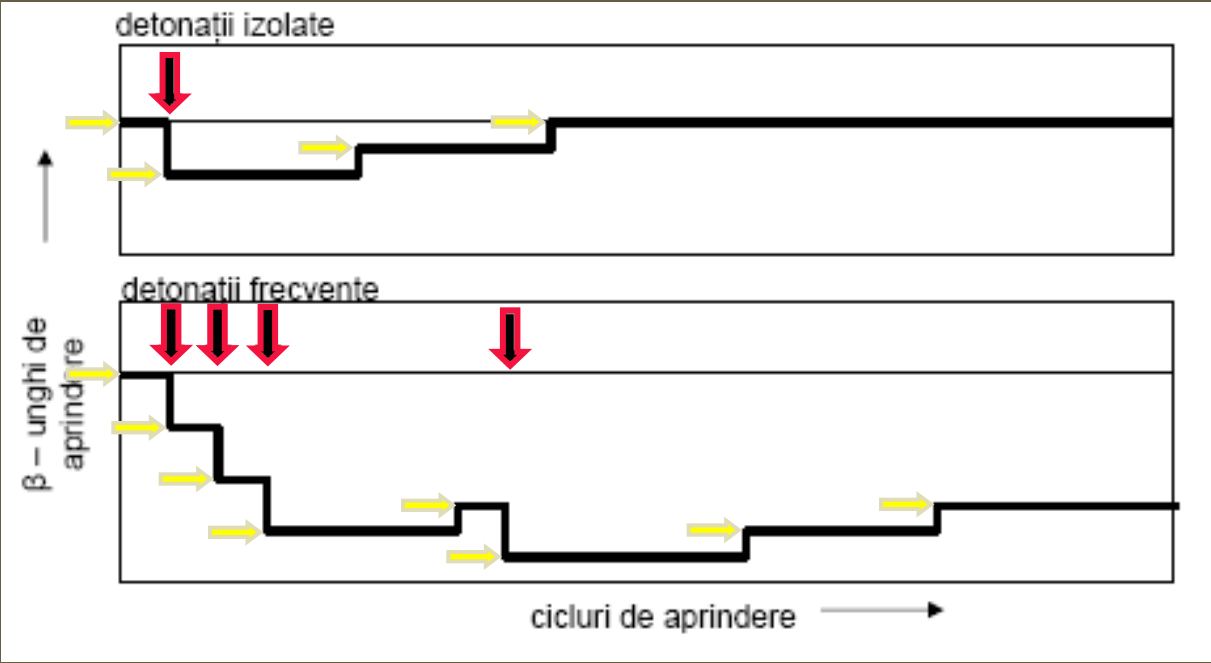


Figura 3.27

Imediat ce apare fenomenul de detonație, unghiul de avans la aprindere este micșorat, dar aproape imediat este mărit din nou, cu pași mai mici, spre valori din zona limitei de detonație a motorului.



Semnalele ce se obțin în sistem sunt de tipul celor prezentate în figura 3.28. Sensorul furnizează un semnal *c* care corespunde curbei de presiune *a* din cilindru. Semnalul filtrat este de tipul *b*.

a – presiunea în cilindru

b – semnal filtrat de la sensorul de detonație

c – semnal original de la sensorul de detonație

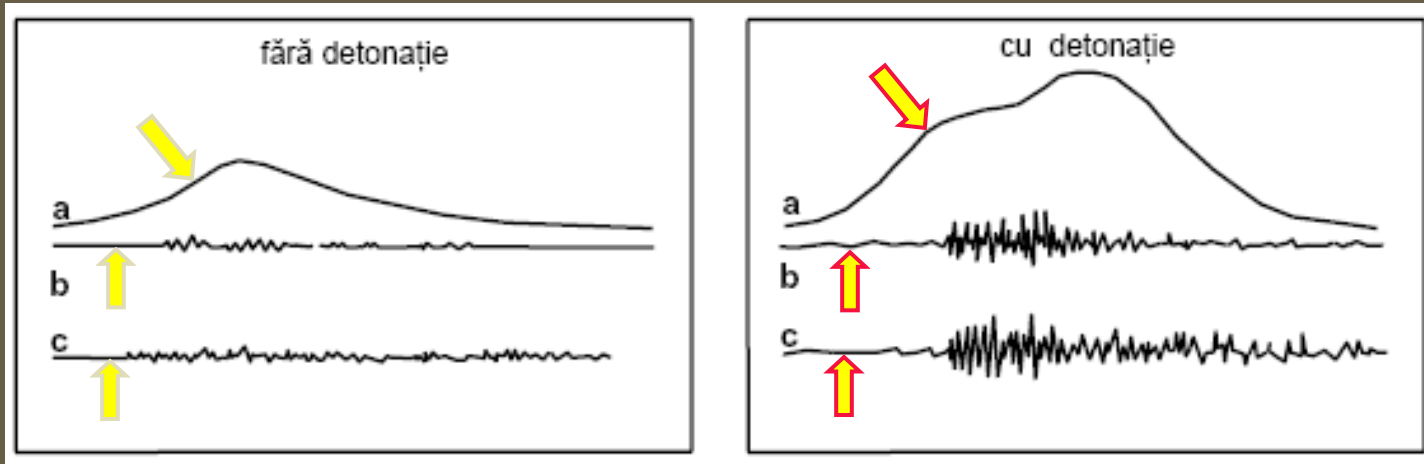


Figura 3.28