

Lucrarea 0

STABILIZATOARE DE TENSIUNE CONTINUĂScopul lucrării

În lucrare sunt studiate diferite circuite stabilizatoare de tensiune continuă, analizându-se funcționarea elementelor constitutive.

Aparate necesare

Sursă de tensiune reglabilă, multimetru electronic, platforma de lucru din laborator.

Notiuni teoretice

Circuitele stabilizatoare de tensiune continuă sunt circuite care asigură la ieșirea lor o tensiune constantă în condițiile în care tensiunea la intrare, curentul debitat în sarcină sau temperatura variază. Stabilizatoarele se interconectează între redresor și circuitele care trebuie să fie alimentate cu o tensiune constantă, după cum este ilustrat în figura 1.

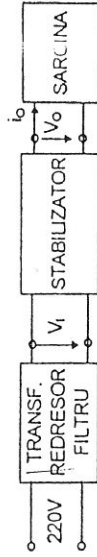


Figura 1.

Tensiunea stabilizată V_0 depinde de mai multe variabile (V_1 , i_0 , T), iar pentru a caracteriza un circuit stabilizator pot fi folosiți mai mulți parametri, cei mai importanți fiind:

$$\text{- Rezistența de ieșire: } R_0 = \left. \frac{\Delta V_0}{\Delta i_0} \right|_{V_1 = V_0 = \alpha} \quad (1)$$

$$\text{- Coeficientul de stabilizare: } S_0 = \left[\frac{\Delta V_0}{\Delta V_1} \right]^{-1} \bigg|_{i_0 = I_0 = \alpha} \quad (2)$$

Un circuit stabilizator de tensiune are în structura sa următoarele părți componente principale:

- a. Referința de tensiune
- b. Amplificator de eroare
- c. Element de reglaj serie (poate fi paralel în unele configurații)
- d. Circuit de protecție.

Aceste părți componente se găsesc în structura circuitului integrat $\mu A723$ a cărei schemă de principiu este prezentată în fig. 2.

- a. Referința de tensiune este constituită dintr-un circuit capabil să furnizeze o tensiune V_R , constantă, independentă față de variațiile tensiunii de alimentare V_i , temperaturii, etc. Caracteristica referinței de tensiune, precum și bornele circuitului integrat la care este accesibilă sunt prezentate în fig. 3.

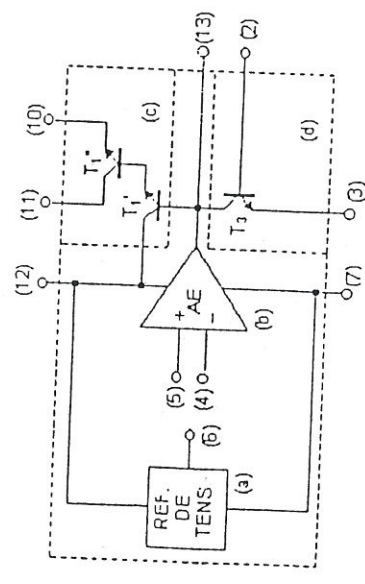


Figura 2

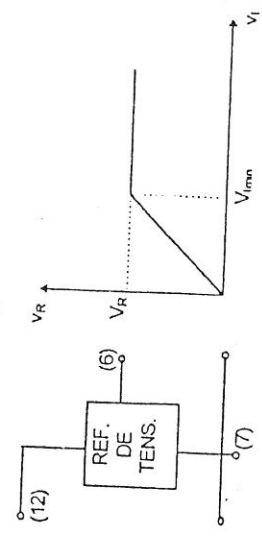


Figura 3

- b. Amplificatorul de eroare este un amplificator diferențial (schema idealizată este prezentată în figura 4) care realizează o funcție exprimată prin relația:

$$v_o = A_o(v_+ - v_-) - R_o i_o \quad (3)$$

unde $A_o > 1000$ și R_o este de ordinul sutelor de ohmi.

- c. Elementul de reglaj

serie este format dintr-un tranzistor (sau mai multe, în configurație Darlington, ca în cazul tranzistoarelor T_1 și T_2 din figura 2) și joacă rolul unui amplificator de curent, capabil să furnizeze curentul necesar în sarcină. Posibilitățile de

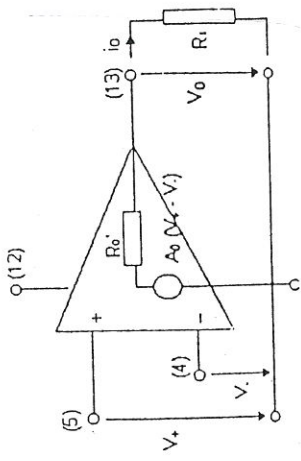


Figura 4.

utilizare (în curent și tensiune) a stabilizatoarelor sunt în primul rând dictate de alegerea și funcționarea corectă a acestui element.

- d. Pentru a evita distrugerea elementului de reglaj serie prin depășirea valorii maxim admisibile a curentului (de exemplu în cazul unui scurtcircuit la ieșire) se folosesc metode de protecție, care au la bază limitarea sau micșorarea curentului de bază al elementului serie, prin deschiderea unui tranzistor (T_3 în circuitul din figura 2) care preia o parte din curentul de ieșire al amplificatorului de eroare.

Configurații de circuite stabilizatoare de tensiune continuă

Se vor prezenta două configurații de stabilizatoare:

- a. Stabilizator pentru tensiuni de ieșire mai mici decât tensiunea de referință ($V_o < V_R$). Schema de principiu este prezentată în fig. 5.

Tensiunile de la intrarea amplificatorului de eroare sunt:

$$v_+ = V_R \frac{R_3}{R_2 + R_3} \quad \text{și} \quad v_- = v_o \quad (4)$$

iar la ieșire:

$$v_o = A_o(v_+ - v_-) + v_{BE1} + v_{BE2} \quad (5)$$

$$v_o = V_R \frac{R_3}{R_2 + R_3} \cdot \frac{A_o}{A_o + 1} + \frac{v_{BE}' + v_{BE}''}{A_o + 1}$$

(9)

$$v_0 = V_0 \approx V_R \frac{R_3}{R_2 + R_3}$$

b. Stabilizator pentru tensiuni de ieșire mai mari decât tensiunea de referință ($V_o > V_R$). Schema de principiu este prezentată în fig.6

La intrarea amplificatorului avem tensiunile:

$$v_+ = V_R \quad \text{și} \quad v_- = v_0 \frac{R_3}{R_1 + R_3} \quad (8)$$

La ieșirea amplificatorului tensiunea este:

$$v_0 = A_0(v_+ - v_-) + v_{BE}' + v_{BE}'' \quad (9)$$

Rezultă:

$$v_o = \frac{V_R}{R_3/R_1 + R_3 + I/A_o} + \frac{v_{BE}' + v_{BE}''}{I + A_o - R_3/R_1 + R_3} \quad (10)$$

și deoarece $A_0 \gg 1$

$$v_0 = V_0 \approx V_R - (I + R_1 / R_3) \quad (11)$$

(11)

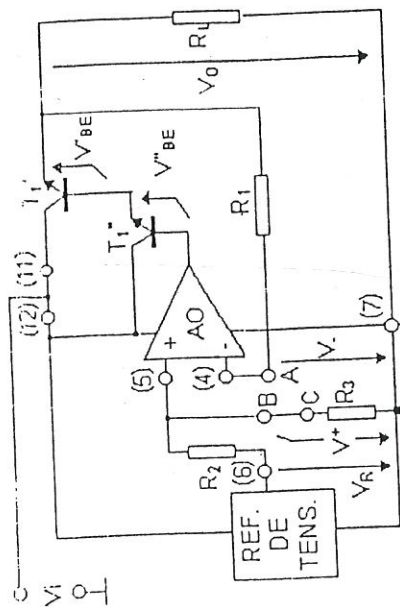


Figura 6.

Extinderea domeniului de utilizare în curent

Pentru obținerea unui curent de ieșire mai mare decât cel care poate fi furnizat de elementul serie integrat ($T_1 + T_2$) se poate adăuga schemei unul sau mai multe tranzistoare de putere montate pe radiator. Astfel, în circuitele prezentate în figurile 7 și 8 s-a adăugat tranzistorul T_2 .

protecția la supracurent

Pentru a proteja elementul serie la apariția supracurenților (ex. scurtcircuit la ieșire) se pot folosi diferite mijloace de limitare a curentului.

... la o valoare fixă a curentului de ieșire.

În schema prezentată în figura 7, tranzistorul T_3 are baza, respectiv emitorul conectate la bornele rezistenței R_{sc1} . Astfel, dacă curentul de ieșire depășește valoarea

$$i_o = I_{SC} = \frac{V_{BE3}}{R_{SC}} \approx \frac{0.65V}{R_{SC}} \quad (12)$$

transistorul de control T_3 se deschide, curentul de bază al tranzistorului T_1 (și în consecință curentul prin T_1 și T_2) este limitat.

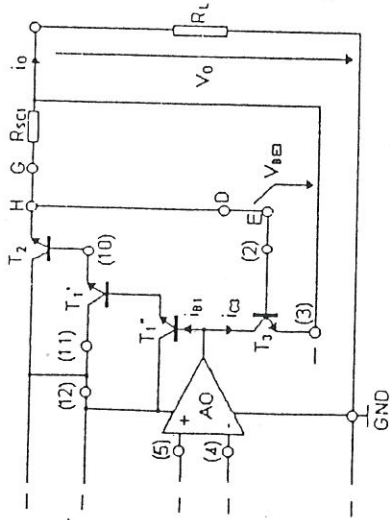


Figura 7.

b. Limitarea prin întoarcere a curentului de ieșire.

Pentru circuitul prezentat în figura 8 se pot scrie următoarele relații:

$$V_{B3} \approx \frac{R_5}{R_4 + R_5} V_H, V_H = R_{SC2} i_o + V_0 \text{ și } V_{E3} = V_0 \quad (13)$$

de unde:

$$V_{BE3} = \frac{R_{SC2} R_5}{R_4 + R_5} i_o - \frac{R_4}{R_4 + R_5} V_0 \quad (14)$$

Pot fi puse în evidență astfel, pe caracteristica $v_o = f(i_o)$, prezentată în figura 9, două domenii de lucru pentru stabilizator:

A. - domeniul de stabilizare, $v_o = V_0 = \text{constant}$. În această situație V_{BE3} ia astfel de valori încât T_3 este blocat sau conduce un curent i_{c3} care nu afectează funcționarea grupului $T_1 + T_2$.

B. - domeniul de limitare cu întoarcere, $v_{BE3} = V_{BE3} = 0.65V$, când curentul prin T_3 modifică (micșorează) curentul i_{B1} . În această situație dependența $i_o(v_o)$ este dată de relația:

$$i_o = \frac{R_4 + R_5}{R_{SC2} R_5} V_{BE3} + \frac{R_4}{R_5 R_{SC2}} V_0 \quad (15)$$

ceea ce reprezintă în planul (v_o, i_o) o dreaptă cu pantă pozitivă.

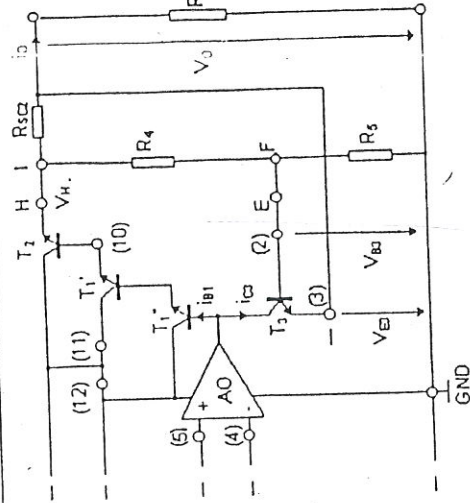


Figura 8.

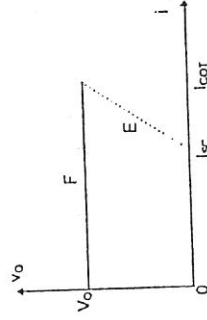


Figura 9.

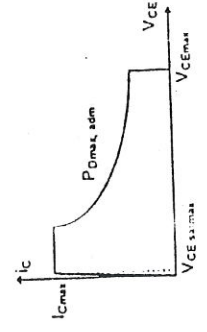


Figura 10.

Cele două valori principale ale curentului $i_o(V_0) = i_{cot}$ și $i_o(0) = i_{sc}$ sunt date de relațiile:

$$i_{cot} = \frac{R_4 + R_5}{R_{SC2} - R_5} V_{BE3} + \frac{R_4}{R_5 - R_{SC2}} V_0$$

(16 - 17)

$$i_{sc} = \frac{R_4 + R_5}{R_{SC2} R_5} V_{BE3}$$

În ceea ce privește tranzistorul T_3 , trebuie luate măsuri ca în orice condiții de funcționare a schemei, punctul său de funcționare să nu iasă din domeniul de siguranță (figura 10).

Desfășurarea lucrării

Montajul experimental, a cărui schemă este prezentată în figura 11, permite accesul la referința de tensiune a circuitului integrat $procurm$ și realizarea celor două configurații de stabilizator ($V_O < V_A$ și $V_O > V_A$). Se poate alege deasemenea tipul protecției la scurtcircuit. Numerele din paranteze reprezintă conexiunile circuitului integrat.

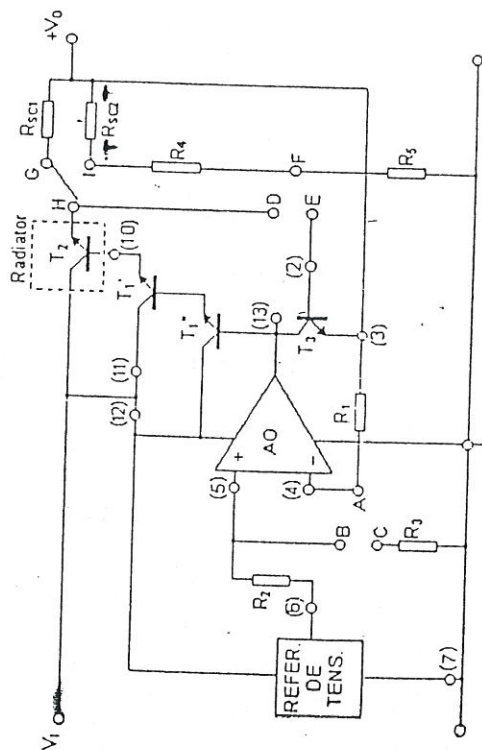


Figura 11

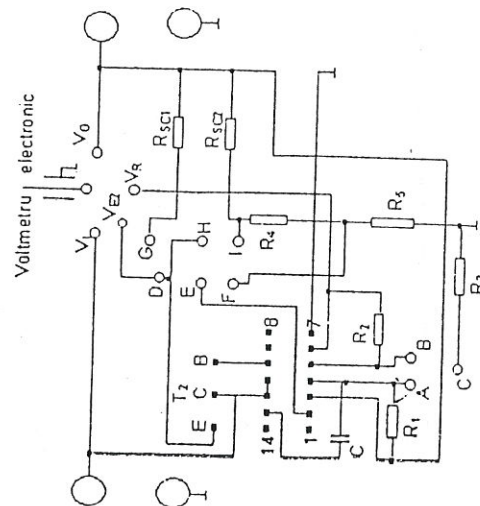


Figura 12

Poziția componentelor pe machetă este prezentată în figura 12.

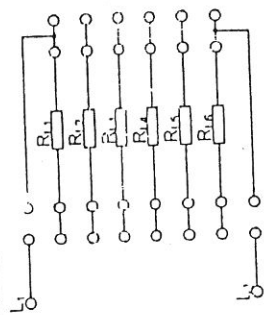


Figura 13.

The diagram illustrates a parallel circuit configuration. On the left, there are two main terminals labeled 'a' and 'b'. Six resistors, labeled R_1 through R_6 , are connected in parallel between these two terminals. Each resistor is represented by a rectangle with a diagonal line through it. The circuit is drawn with horizontal lines for the main supply rails and vertical lines connecting each resistor to these rails. The resistors are arranged in a vertical column between the two main horizontal rails.

Determinări experimentale

Referinta de tensiune

1. Se conectează o sursă de tensiune reglabilă la bornele $+v_1$ și masă la referință de tensiune $-v_1$. Se ridică caracteristica de transfer a referinței de tensiune ale montajului și se ridică caracteristica de transfer a referinței de tensiune $v_R = f(v_1)$, conform indicațiilor din tabelul 1.

Tabelul 1.

[illegible]

Stabilizator cu $V_0 < V_A$ și limitare la o valoare fixă a curentului de ieșire

2. Se realizează configurația de stabilizator cu $V_0 < V_R$ și limitează la o valoare fixă a curentului de ieșire (figura 11; B-C, H-G și D-E). Se conectează la ieșire placa rezistențelor de sarcină și se ridică caracteristica de transfer $v_0(v_i)$ pentru două valori ale rezistenței de sarcină conform tabelului 2.

Tabelul 2

V_i [V]	0	2	4	6	8	9	10	15	20
v_o									
$R_L = \infty$									
$R_L = 26.8 \Omega$									

3. Se fixează $V_i = 10V$ și se ridică caracteristica de ieșire $v_o(i_o)$, modificând valoarea rezistenței de sarcină. În tabelul 3 sunt indicate valorile orientative ale rezistenței de sarcină, valorii care s-ar obține dacă toate rezistențele R_{i1} , $i = 1..6$ din figura 13 ar avea exact 50Ω . Se vor realiza practic combinațiile care dau valorile cele mai apropiate de cele indicate în tabel. Valorile exacte obținute se notează în tabel și vor fi folosite pentru calculul curentului de ieșire. Se măsoară de asemenea potențialul v_{E3} din emitorul lui T_2 . Calculul curentului $i_{sc} = i_o$ ($R_L = 0$) se va face cu ajutorul valorii exacte a rezistenței R_{SC1} .

$$I_{SC} = \frac{V_{E3}}{R_{SC1}} \quad (18)$$

Tabelul 3.

R_L [Ω]	50	26.8	16.8	10	6.8	5	3.3
valoare orientativă							
R_L [Ω]							
valoare exactă							
v_o [V]							
$i_o = v_o/R_L$ [A]							
v_{E2} [V]							
$V_{CE2} = V_i - v_{E2}$ [V]							

Stabilizator cu $V_o > V_R$ și limitare prin întoarcere a curentului de ieșire

4. Se realizează configurația de stabilizator cu $V_o > V_R$ și limitare prin

întoarcere a curentului de ieșire (figura 11; A-C, H-I și E-F). Se ridică caracteristica de transfer $v_o(v_i)$ pentru două valori ale rezistenței de sarcină, conform tabelului 4.

Tabelul 4.

V_i [V]	0	2	6	10	14	16	17	18	20	22
v_o										
$R_L = \infty$										
$R_L = 100 \Omega$										

5. Se fixează $V_i = 20V$ și se ridică caracteristica de ieșire $v_o(i_o)$ conform indicațiilor din tabelul 5. Se măsoară pentru fiecare sarcină potențialul v_{E2} în emitorul tranzistorului T_2 .

Tabelul 5.

R_L [Ω]	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
valoare orientativă	3	6	1	0	6	6	0	0	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6
R_L [Ω]																				
val. Exactă																				
v_o [V]																				
$i_o = v_o/R_L$ [A]																				
v_{E2} [V]																				
$V_{CE2} = V_i - v_{E2}$																				
[V]																				

6. În locul sursei de tensiune reglabilă se conectează un circuit redresor cu filtru C. Se alege tensiunea de ieșire a redresorului corespunzător configurațiilor de stabilizator studiate (pentru $V_o < V_R$, aproximativ 10V, iar pentru $V_o > V_R$, aproximativ 20V). Se măsoară valoarea efectivă a amplitudinii tensiunii redresate V , pentru trei valori ale condensatorului de filtraj și valoarea efectivă a componentei alternative a tensiunii stabilizate, V_o , care rezultă în acest caz.

Rezultatele măsurătorilor se trec în tabelul 6.

Tabelul 6.

	C ₁ =	C ₂ =	C ₃ =
V _O < V _R	V _I [mV]		
	V _O [mV]		
V _O > V _R	V _I [mV]		
	V _O [mV]		

Prelucrarea datelor experimentale. Concluzii

1. Cu ajutorul datelor din tabelul 1 se trasează caracteristica de transfer $v_R = f(v_i)$ a referinței de tensiune. Se determină v_R .
2. Se deduce valoarea minimă necesară pentru tensiunea de alimentare a circuitului $\beta A723$.
3. Se trasează pe același grafic, caracteristicile de transfer ale celor două stabilizatoare, $v_O(v_i)$, în gol ($R_L = \infty$), respectiv cu sarcinile precizate în 2 și 4. Care este efectul lui R_L asupra caracteristicilor $v_O(v_i)$?
4. Se determină tensiunea de intrare v_{Imin} , începând de la care fiecare circuit intră în regim de stabilizare. Se determină de asemenea coeficienții de stabilizare pentru fiecare situație.

$$S_o = \frac{v_{I1} - v_{I2}}{v_{O1} - v_{O2}} \quad (19)$$

5. Se compară valorile tensiunilor stabilizate măsurate, respectiv cu valorile obținute prin aplicarea formulelor (7) și (11).
6. Se trasează pe același grafic caracteristica de ieșire experimentală pentru stabilizatorul $V_O < V_R$ și limitare la o valoare fixă a curentului de ieșire (tabelul 5) precum și caracteristica teoretică (relațiile 7 și 12).
7. Se determină rezistența de ieșire a stabilizatorului

$$R_o = \frac{V_{O1} - V_{O2}}{i_{O1} - i_{O2}} \quad (20)$$

unde (i_{O1} , v_{O1}) și (i_{O2} , v_{O2}) sunt două puncte suficient de depărtate din zonă de stabilizare a caracteristicii de ieșire.

8. Se trasează pe același grafic, caracteristica de ieșire măsurată pentru stabilizatorul $V_O > V_R$ și limitare prin întoarcere a curentului (tabelul 5) precum și caracteristica teoretică (relațiile 11 și 15). Se compară valorile curenților de scurtcircuit și întoarcere măsurate, cu valorile calculate cu relațiile 17 și 16.

9. Se determină rezistența de ieșire ca la punctul 7.

10. Se trasează pe același grafic, în planul variabilelor i_e și V_{CE} :

- domeniul de funcționare sigură al tranzistorului T_2 (BD 135, $I_{CMAX} = 0.5A$,

$$V_{CEMAX} = 45V, V_{CEsatMAX} = 0.5V, P_{DMAXadm} = 6W).$$

- punctele de funcționare posibile pentru T_2 în configurație de stabilizator $V_O < V_R$, limitare la valoare fixă a curentului, $V_i = 10V$.
- punctele de funcționare posibile pentru T_2 în configurație de stabilizator $V_O > V_R$, limitare prin întoarcere a curentului, $V_i = 20V$.

11. Se determină limitele între care poate varia v_i în cele două situații, dacă se dorește o funcționare corectă a stabilizatoarelor.

12. Se compară avantajele și dezavantajele celor două metode de protecție la scurtcircuit.

13. Se calculează pentru fiecare stabilizator valoarea minimă a factorului de rejecție a undulațiilor, cu relația

$$F_{Rondmin} = -20 \lg \frac{V_o}{V_i} [dB]$$

pe baza rezultatelor măsurătorilor de la punctul 6.

14. Se calculează pentru fiecare stabilizator randamentul maxim cu relația:

$$\eta = \frac{P_{disipată_in_sarcină}}{P_{primită_la_intrare}} [\%] \quad (22)$$

precizându-se condițiile în care se obține aceasta.

15. Rezultatele măsurătorilor și calculele aferente acestora se centralizează în tabelul 7.

Tabelul 7.

		$V_O < V_R$ limitare curent fix	$V_O > V_R$ limitare prin întoarcere
V_O	exp.		
$[V]$	calc.		
I_{sc}	exp.		
$[A]$	calc.		
I_{cor}	exp.		
$[A]$	calc.		
S_O			
$R_O [\Omega]$			
F_{ondmin}			
$\eta [\%]$			

BIBLIOGRAFIE

1. P. Gray , R Meyer

- Circuite integrate analogice . Analiză și proiectare .
Editura Tehnică 1983

2. P. Gray , R Meyer

- Bazele electronicii moderne .
Editura Tehnică 1973 .

3. A . Manolescu , ș . a.

- Circuite integrate analogice
E. D. P. 1983

4. Dan Dascălu ș . a.

- Circuite electronice
E. D. P. 1981

5. C . Bulucea ș . a.

- Circuite integrate liniare
Editura tehnică 1975

6. Nicolau Edmond

- Manualul inginerului electronist vol. 1
Editura Tehnică 1987

7. Dan Dascălu ș . a.

- Dispozitive și circuite electronice
E. D. P. 1982