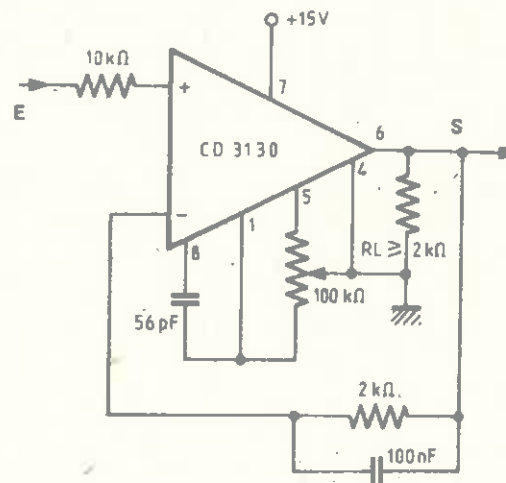


Curs pràctic d'Electrònica Analògica



Lluís Nadal i Balandras



Generalitat de Catalunya
Departament d'Ensenyament
Direcció General d'Ordenació i Innovació Educativa
Coordinació de les Àrees de Documentació i Experimentació
Centre de Documentació i Experimentació de Ciències



Generalitat de Catalunya
Departament d'Ensenyament
Centre de Recursos Pedagògics
del Segrià

Bibliografía.

"Prácticas de Electrónica. 1. Semiconductores básicos: diodo y transistor". C. Angulo, A. Muñoz, J. Pareja. McGraw-Hill. Madrid, 1991.

"Prácticas de Electrónica. 2. Semiconductores avanzados y OP-AM". J. Pareja, A. Muñoz, C. Angulo. McGraw-Hill. Madrid, 1990.

"Prácticas de Electrónica. 3. Sistemas digitales: principios y aplicaciones". A. Rodríguez, M. Rosillo, R. Caraballo, T. Serrano, P.J. Blanco. McGraw-Hill. Madrid, 1991.

"Circuitos lineales i amplificadores operacionales". Robert F. Coughlin, Frederick F. Driscoll. 2ª edición. Prentice-Hall Hispanoamericana. México.

"40 montajes con amplificadores operacionales: BIFET, BIMOS, CMOS". H. Schreiber. Paraninfo. Madrid, 1982.

"The Art of Electronics". Paul Horowitz, Winfield Hill. Second edition. Cambridge University Press, 1989. ISBN: 0-521-37095-7.

"Student manual for The Art of Electronics". Thomas C. Hayes, Paul Horowitz. Cambridge University Press, 1989. ISBN: 0-521-37709-9.

Pràctica 1: diodes.

El díode és un dispositiu format per l'unió d'un semiconductor tipus P (ànode, A) i un altre tipus N (càtode, K) que deixa passar el corrent elèctric en un sentit (polarització directa, F (forward)) i no el deixa passar en sentit contrari (polarització inversa, R (reverse)). Els díodes més utilitzats són de silici però n'hi ha de d'altres tipus: de germani, Schottky... A la figura 1 es poden veure els símbols, aspecte extern i polarització directa:

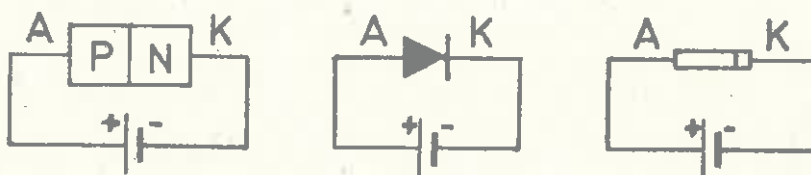


Figura 1

Si es fa una gràfica de la intensitat en funció de la diferència de potencial entre ànode i càtode s'obtindrà una corba com la de la figura 2 (atenció a les diferents escales de cada eix):

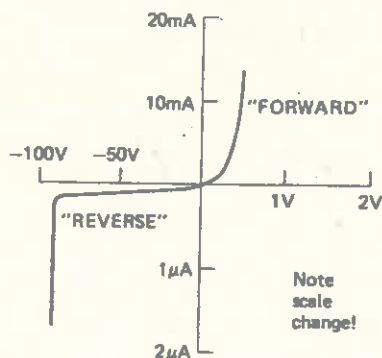


Figura 2

Es pot veure que un díode de silici comença a conduir bé en sentit directe quan hi ha una diferència de potencial d'un 0,7 V entre ànode i càtode (0,3 V si és un díode de germani). En sentit invers no condueix a no ser que se li apliqui una diferència de potencial molt gran (100 V o més de 1000 V, segons el díode). En aquestes condicions el díode es destrueix (els díodes zener en són una excepció: estan dissenyats per a treballar d'aquesta manera).

1) Fes el muntatge de la figura 3, omple la taula corresponent i dibuixa la gràfica. Has d'obtenir una gràfica semblant a la de la figura 4.

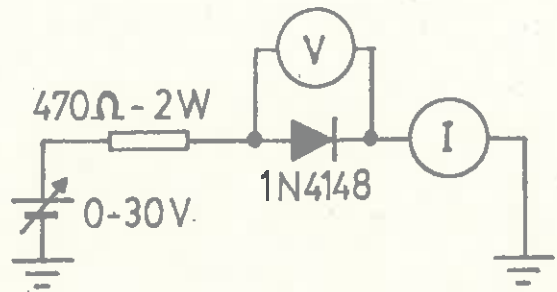
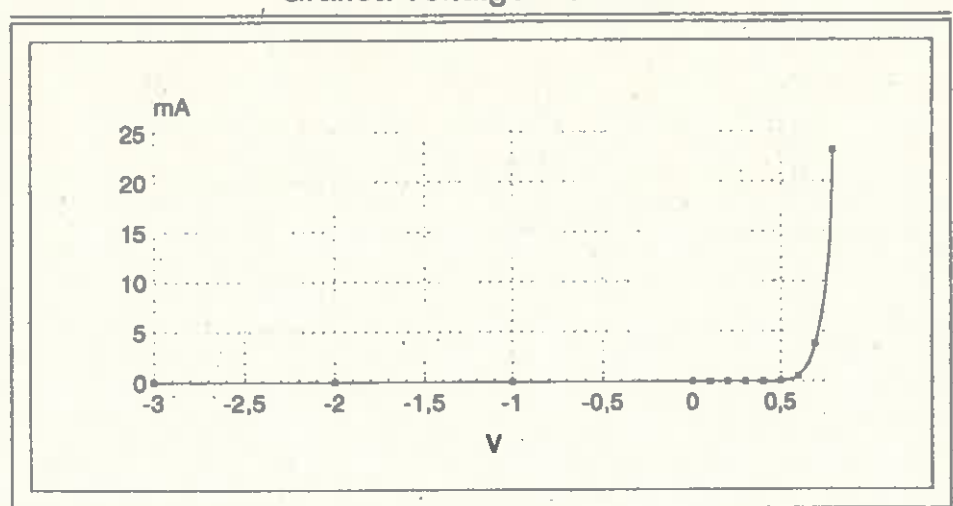


Figura 3

	polarització inversa (R)			polarització directa (F)								
V	-3	-2	-1	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
I												

Diode 1N4148
Gràfica voltatge-intensitat



Els valors negatius corresponen a la polarització inversa

Figura 4

Els paràmetres més importants d'un díode són la intensitat màxima directa ($I_{F,MAX}$) i la tensió inversa màxima que suporta ($V_{R,MAX}$).

- 2) Comprovació de díodes.
- Comprova diferents díodes de les següents maneres:
- a) Amb un polímetre digital en la posició díode: en sentit directe un díode de silici (1N4148, 1N4007, BY255), ha de marcar entorn de 0,7 V. Si és de germani (OA90), al voltant de 0,3 V. Un díode Schottky (BAT42, SB540), uns 0,25 V. En sentit invers tots han d'indicar "fora d'escala".
- b) Amb un polímetre digital en la posició "ohm": els díodes de silici, han de donar una resistència finita en sentit directe (com que no obeeixen la llei d'ohm el valor de la resistència depèn de l'escala utilitzada) i un valor de "fora d'escala" (infinit) en sentit invers. Els de germani i alguns Schottky indiquen un valor finit en sentit invers però molt més gran que en sentit directe.
- c) Amb el tester de components d'un oscil.loscopi, els díodes de silici i Schottky, donen dues línies rectes formant un angle recte. Els de germani, dues línies (una d'elles una mica corbada), formant un angle d'uns 110°.

Si l'oscil.loscopi no disposa de tester de components es pot fer el muntatge de la figura 5 i representar els dos canals en la forma X-Y amb el segon canal invertit. El generador pot ser un generador de funcions posat en forma sinusoidal a 1 kHz (caldrà desconnectar el generador o l'oscil.loscopi de terra) o un transformador amb un secundari de 6 V. No tots els oscil.loscopis permeten invertir el segon canal en una representació X-Y.

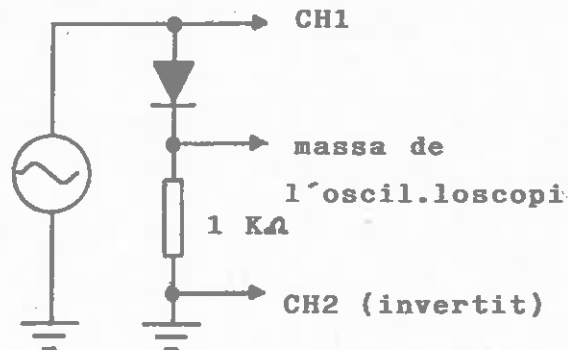
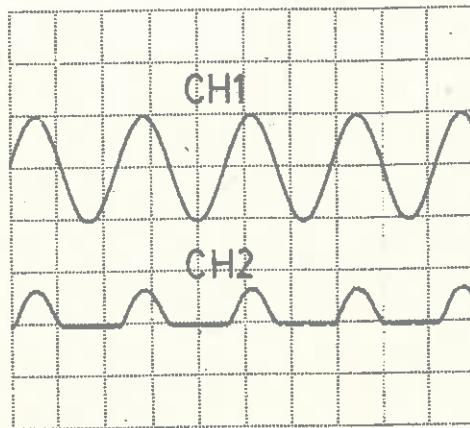


Figura 5

- 3) Rectificació.
- Fes el muntatge de la figura 6, visualitzant els dos canals simultàniament a l'oscil.loscopi i ajustant l'amplitud del canal 1 a 2 V de pic a pic. Observaràs (figura 7) que el díode (canal 2) només deixa passar els pics en un sentit. Això és el que s'anomena rectificació.



Figura 6



DATE: 02.11.1992
TIME: 17:53

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 1mV
CH2 - VOLTS/DIV: 1mV
TIMEBASE-SEC/DIV: 2ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 7

- 4) L'amplitud del canal 2 és més petita que la del canal 1, degut a la caiguda de tensió de 0,7 V del díode. Això a vegades és un problema però es pot solucionar amb el muntatge de la figura 8. Comprova-ho. El resultat es pot veure a la figura 9.

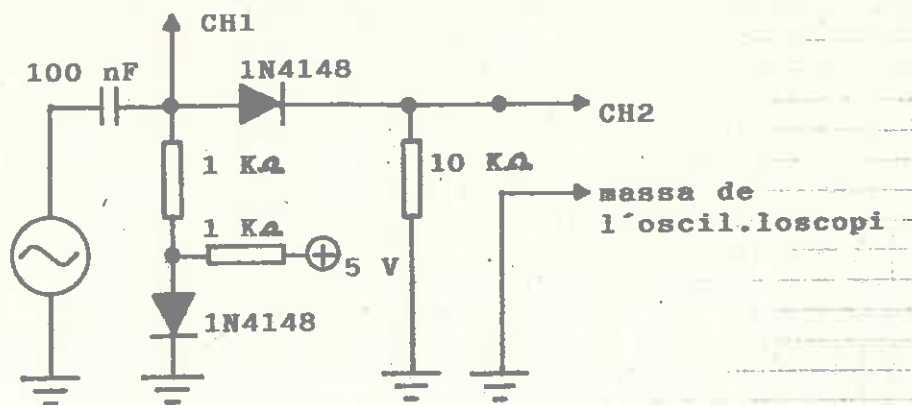
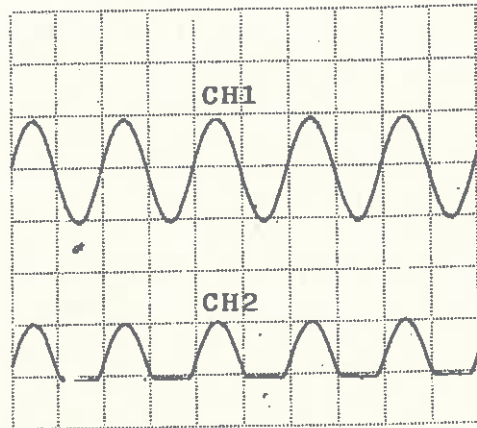


Figura 8



DATE: 03.11.1992
 TIME: 16:41

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 1mV
 CH2 - VOLTS/DIV: 1mV
 TIMEBASE-SEC/DIV: 5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
 ZOOMRANGE - CH2:0-9
 HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 9

5) Es poden rectificar els pics positius i els negatius simultàniament amb el muntatge de la figura 10. Els quatre díodes posats d'aquesta manera s'anomenen un pont rectificador o pont de Graetz. L'inconvenient és que ara la caiguda de tensió és la corresponent a dos díodes (1,4 V) tal com es pot veure comparant la figura 12 amb la figura 11. Si es vol fer una font d'alimentació caldrà escollir un transformador amb una tensió de secundari una mica més gran que la que es vol tenir rectificada o bé utilitzar díodes Schottky que en total donaran una caiguda de tensió de 0,5 V.

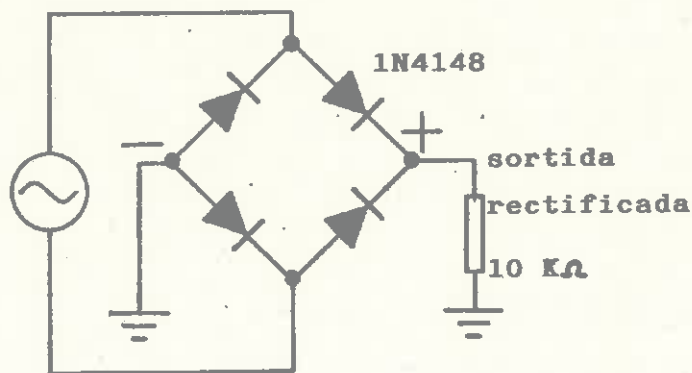
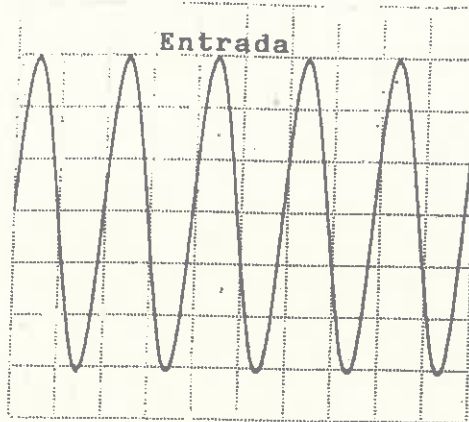


Figura 10



DATE: 04.11.1992
TIME: 09:59

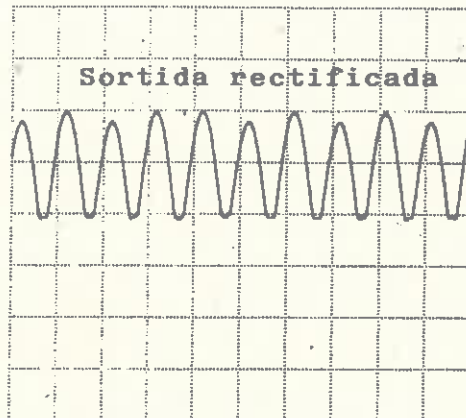
SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 1mV
TIMEBASE-SEC/DIV: .5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 11



DATE: 04.11.1992
TIME: 10:00

SIGNALPARAMETER: 1

CH1 - VOLTS/DIV: 1mV
TIMEBASE-SEC/DIV: .5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 12

- 6) Fes el muntatge de la figura 13, primer amb un condensador de 100 nF i després amb un condensador d'1 μ F. Posa el generador de funcions a 1 kHz i connecta la sortida rectificada a l'oscil·loscopi, veuràs quelcom semblant a les figures 14 i 15.

Si es comparen amb la figura 11, s'observa que els pics han quedat "allisats" i obtenim un corrent que s'aproxima al corrent continu. Això s'anomena filtrat. L'efecte és més gran com més gran sigui la capacitat del condensador. L'arrisat residual (figura 15) és indesitjable en les fonts d'alimentació i bé donat per:

$$\Delta V = \frac{I_{càrrega}}{2fC}$$

On ΔV és la tensió d'arriestat, $I_{càrrega}$ és l'intensitat de la càrrega, f la freqüència del corrent i C la capacitat del condensador de filtre.

En una font d'alimentació serà més difícil treure l'arriestat per intensitats grans i faran falta condensadors de gran capacitat (és normal utilitzar condensadors electrolítics de 1000 a 10000 μF).

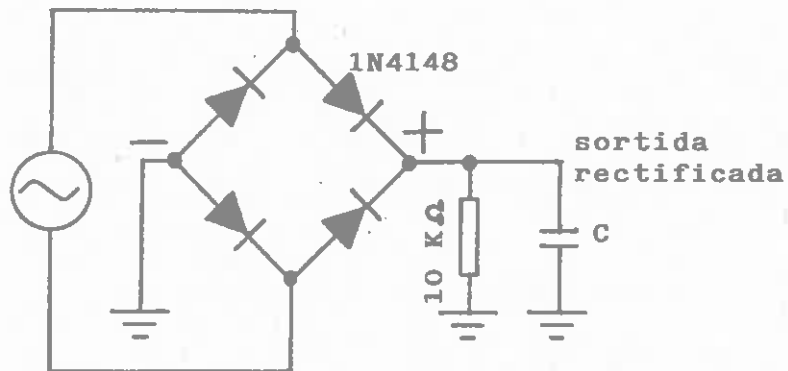
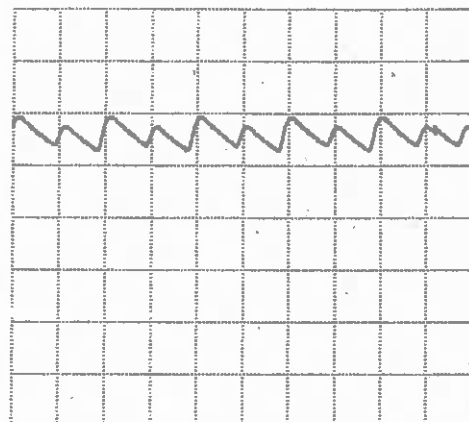


Figura 13



DATE: 04.11.1992
TIME: 19:31

SIGNALPARAMETER:

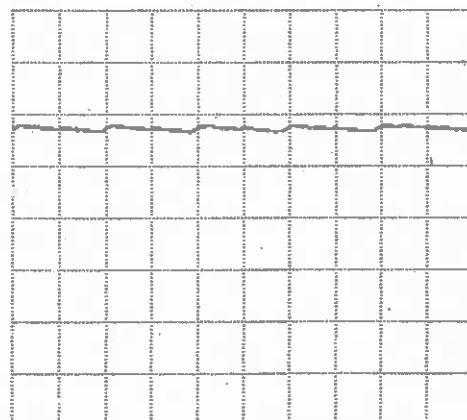
CH1 - VOLTS/DIV: 1mV
TIMEBASE-SEC/DIV: .5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

$C = 100 \text{ nF}$

Figura 14



DATE: 04.11.1992
TIME: 18:31

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 1mV
TIMEBASE-SEC/DIV: .5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

$C = 1 \mu F$

Figura 15

A vegades es necessita una font d'alimentació simètrica que doni simultàniament un voltatge positiu i un altre negatiu respecte a massa. Això s'aconsegueix utilitzant un transformador amb secundari amb punt mig (figura 16). Els díodes poden ser 1N4007, BY255 (els 1N4148 no son adequats)..., o un pont B80C5000... Els condensadors electrolítics de 1000 a 10000 μF .

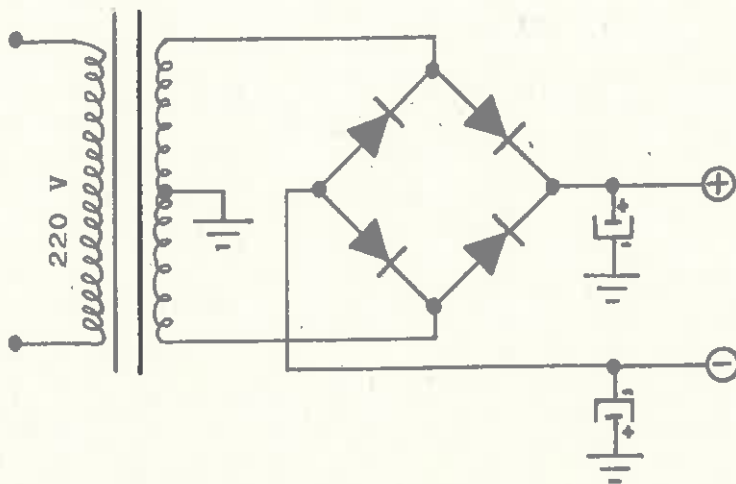


Figura 16

- 7) Efecte de la temperatura sobre la caiguda de tensió directa.
 a) Connecta un díode de silici (1N4148) al tester en la posició "díode" i refreda'l amb esprai refrigerant.
 b) Canvia a la posició "ohm" i refreda un altre cop. Es comporta com una resistència normal?

- 8) Multiplicador de voltatge.
 Partint d'una tensió de corrent altern, mitjançant díodes i condensadors es pot obtenir una tensió varies vegades més elevada. El circuit es útil per a intensitats no gaire grans. A més intensitat, més capacitat han de tenir els condensadors i també tardaran més temps en carregar-se. Aquest temps també depèn de la freqüència: a més freqüència, més rapidesa de càrrega.
 Fes el muntatge de la figura 17 amb díodes 1N4148 i condensadors de 100 nF. Ajusta el generador a 1 V de tensió de pic (2 V de pic a pic) i mesura les tensions als extrems dels condensadors primer amb l'oscil·loscopi i després amb el tester.

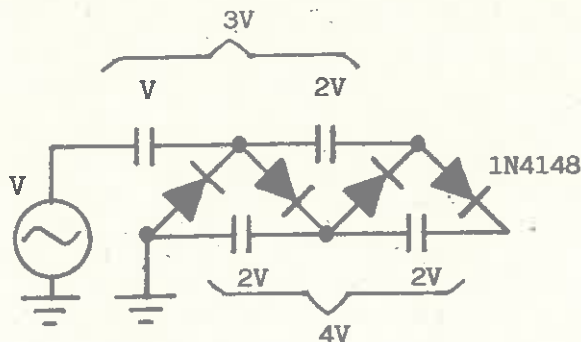


Figura 17

- 9) Limitador polaritzat positiu.
 Fes el muntatge de la figura 18 ajustant l'amplitud del generador de funcions quasi al màxim. Variant la tensió de la font observaràs com la part positiva del senyal queda més o menys "retallada" limitant el valor màxim (figura 19).

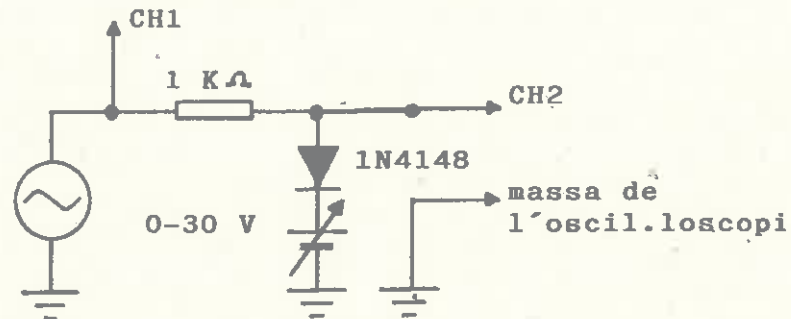
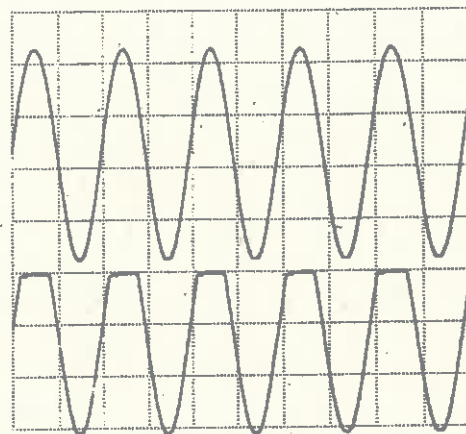


Figura 18



DATE: 05.11.1992
 TIME: 13:10

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 5 V
 CH2 - VOLTS/DIV: 5 V
 TIMEBASE-SEC/DIV: 5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
 ZOOMRANGE - CH2:0-9
 HARDCOPY SOURCE :HN 205-3

Figura 19

- 10) Limitador polaritzat positiu i negatiu.
 Amb el muntatge de la figura 20 veuràs com variant la tensió de les fonts d'alimentació, s'aconsegueix retallar més o menys els pics positius i negatius independentment (figura 21).

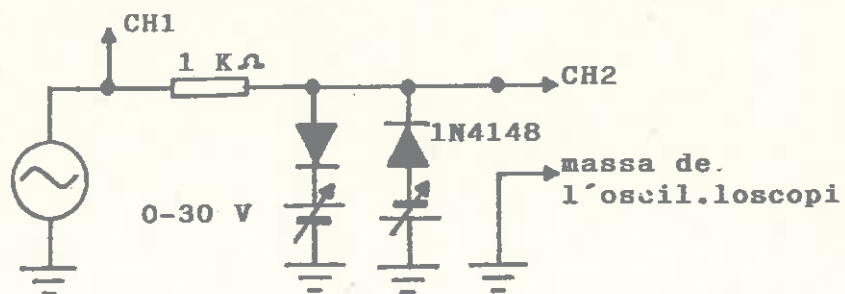
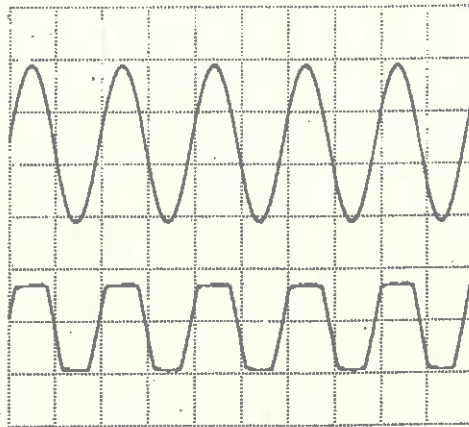


Figura 20



DATE: 05.11.1992
TIME: 14:13

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 5 V
CH2 - VOLTS/DIV: 5 V
TIMEBASE-SEC/DIV: .5ns

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 21

11) Limitador no polaritzat.

El circuit de la figura 22, limita l'amplitud del senyal d'entrada a uns $\pm 0,7$ V, tal com es pot veure a la figura 23.

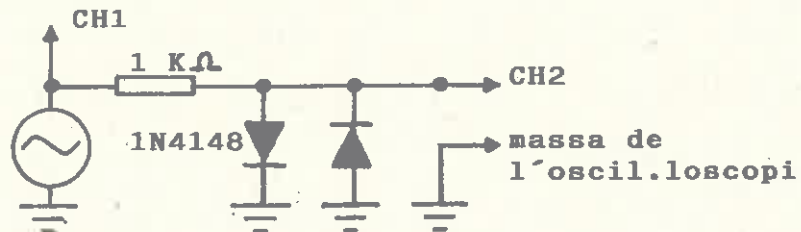
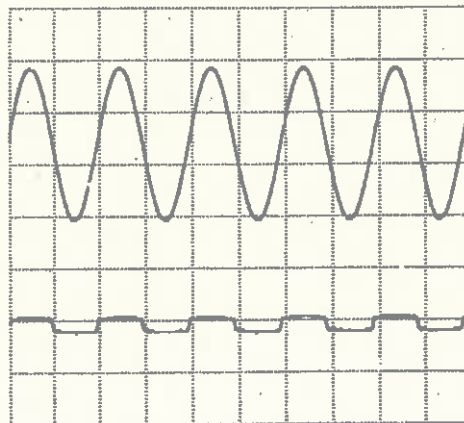


Figura 22



DATE: 05.11.1992
TIME: 14:26

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 5 V
CH2 - VOLTS/DIV: 5 V
TIMEBASE-SEC/DIV: .5ns

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 23

12) Fixadors de nivell.

Munta primer el circuit de la figura 24 i després el de la figura 25 (disminueix l'amplitud del generador). Variant la tensió de la font en el primer muntatge, se superposa una tensió continua positiva a la tensió alterna (compara la figura 27 amb la 26) i amb el segon, negativa (figura 28, comparada amb la 26).

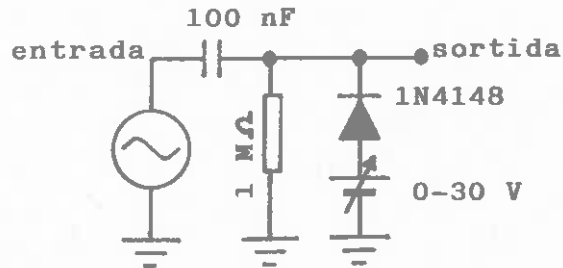


Figura 24

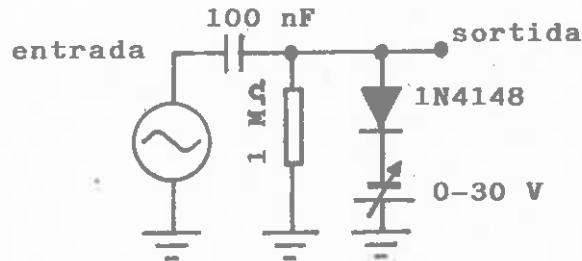
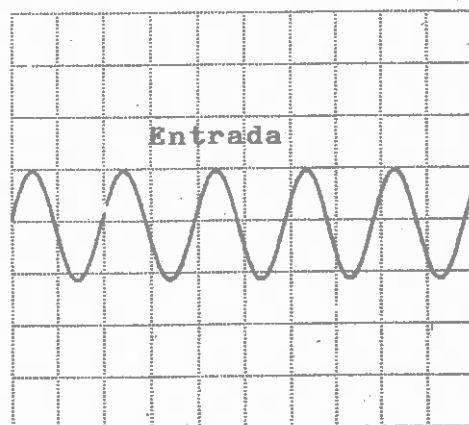


Figura 25



DATE: 06.11.1992
TIME: 09:42

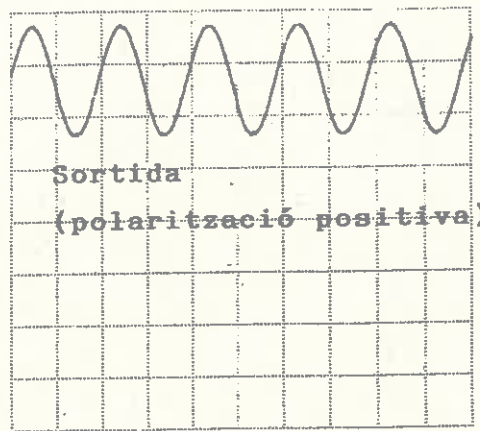
SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 1 V
TIMEBASE-SEC/DIV: 5ns

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1: 0-9
HARDCOPY SOURCE: MM 205-3

Figura 26



DATE: 86.11.1992
TIME: 09:42

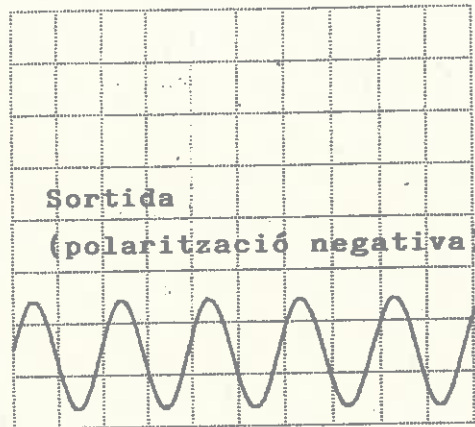
SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 1 V
TIMEBASE-SEC/DIV: 5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1: 0-9
HARDCOPY SOURCE : HM 205-3

Figura 27



DATE: 86.11.1992
TIME: 09:43

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 1 V
TIMEBASE-SEC/DIV: 5ms

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1: 0-9
HARDCOPY SOURCE : HM 205-3

Figura 28

13) Diferenciador-rectificador.

Fes el circuit de la figura 29 i observa els senyals als punts 1, 2 i 3 a l'oscil·loscopi, veuràs quelcom semblant a les figures 30 i 31. El condensador amb la resistència d'1 k Ω formen un diferenciador o sigui un circuit que només dona sortida als flancs variables del senyal d'entrada i no als valors constants i el díode ho rectifica deixant passar només els pics positius.

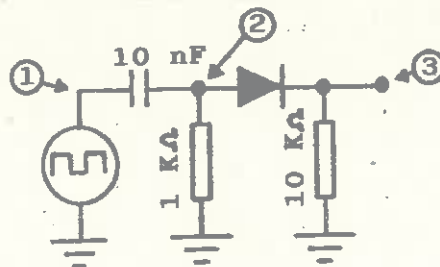
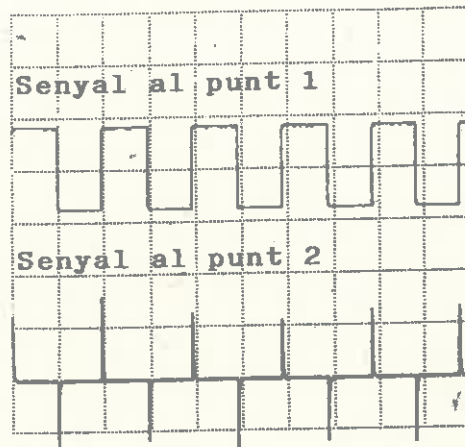


Figura 29



DATE: 86.11.1992
TIME: 09:20

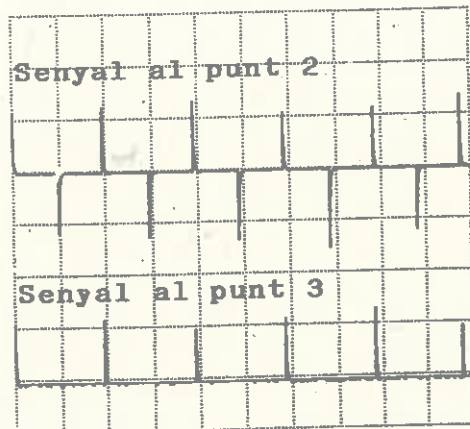
SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 5 V
CH2 - VOLTS/DIV: 5 V
TIMEBASE-SEC/DIV: 50ns

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 30



DATE: 86.11.1992
TIME: 09:19

SIGNALPARAMETER:

CH1 - VOLTS/DIV: 5 V
CH2 - VOLTS/DIV: 5 V
TIMEBASE-SEC/DIV: 50ns

PRINTERPARAMETER:

ZOOMRANGE - CH1:0-9
ZOOMRANGE - CH2:0-9
HARDCOPY SOURCE :HM 205-3

Figura 31

Si un interruptor controla una bobina en corrent continu (per exemple un relè) quan s'obre s'origina un corrent autoinduit de sentit contrari i alta tensió que pot fer mal bé l'interruptor. El mateix es pot dir si la bobina és controlada per un transistor. A la figura 32 es pot veure la solució a aquest problema: un díode pot oferir un pas fàcil al corrent autoinduit.

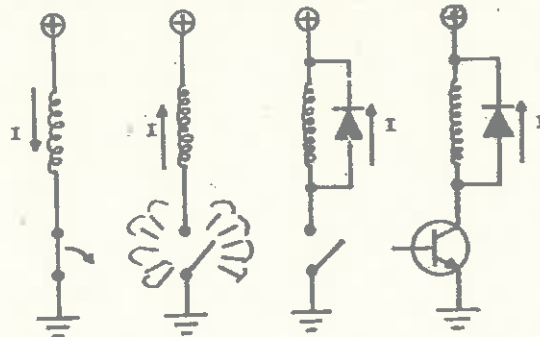


Figura 32

Pràctica 2: díodes Zener.

A la figura 33 es poden veure els símbols i aspecte extern dels zéners.



Figura 33

Amb un muntatge com el de la figura 3 es podria fer la gràfica voltatge-intensitat del zéner, s'obtidria un resultat semblant al de la figura 34:

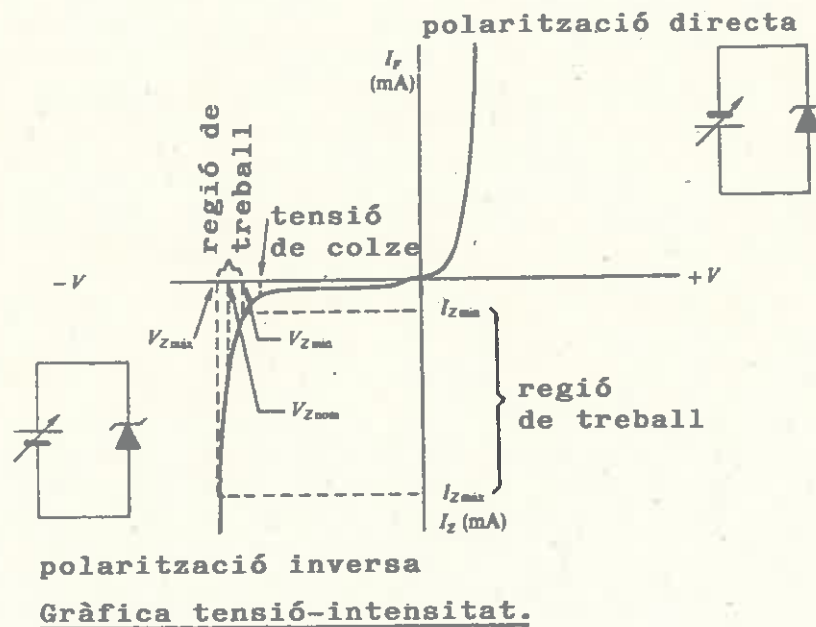


Figura 34

En tensió directa el zéner es comporta com un díode normal. En tensió inversa comença a conduir a un cert voltatge (V_Z) que es manté quasi constant encara que l'intensitat augmenti. En aquest punt un díode normal es faria mal bé però el zéner és dissenyat per a treballar d'aquesta manera sempre que el valor de l'intensitat no superi un cert valor màxim. La seva aplicació principal és l'obtenció de tensions estabilitzades per la qual cosa ha de circular una intensitat mínima ($I_{Z,min}$) per assegurar que treballa en la regió després del colze de la corba (uns 5 mA per un zéner de 400 mW).

Els paràmetres importants d'un zéner són la tensió zéner (V_z) i la potència. Hi ha zéners a partir de 2,7 V amb potències de 400 mW, 1 W i 5 W.

- 14) Observa la corba de diferents zéners (3V3, 5V1, 12V) al téster de components d'un oscil.loscopi.
- 15) Fes el muntatge de la figura 35 i determina l'intensitat mínima d'un zéner de 3,3 V - 400 mW, a partir de la corba de l'oscil.loscopi (en representació X-Y amb el canal 2 invertit).

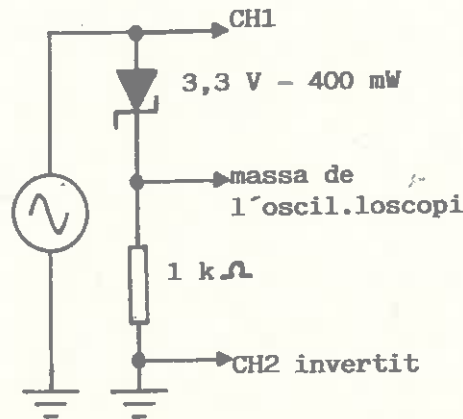


Figura 35

- 16) Regulador de tensió.
Fes el muntatge de la figura 36 i mesura el voltatge en extrems del zéner variant la tensió de la font entre 0 i 30 V.

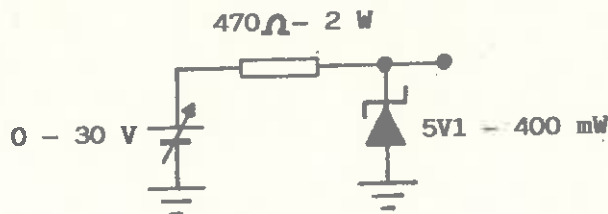


Figura 36

- 17) Calcula quina és la mínima resistència que podem connectar en sèrie a un zéner de 12 V - 400 mW si al conjunt se li aplica una diferència de potencial de 25 V.

El muntatge de la figura 36 estabilitzava el voltatge però no alimentava cap càrrega (el polímetre té una impedància de 10 MΩ i no es pot considerar una càrrega). Anem a veure un exemple de càlcul amb càrrega:

Es disposa d'una font d'alimentació de 15 V per alimentar una càrrega que té un consum variable de 5 a 30 mA a un voltatge estabilitzat amb un zéner de 6,8 V. Es tracta de calcular els valors i potències dels components del circuit (figura 37):