

CONSTRUCCIÓ I UTILITZACIÓ D'UNA LENT DE FRESNEL ACÚSTICA.

Es pot fer una lent acústica convergent simplement omplint un globus amb un gas que tingui una massa molecular més gran que l'aire. Des d'un punt de vista quantitatiu d'ona resultats acceptables si es té en compte que és una lent gruixuda. També és possible fer una lent prima subjectant dos trossos de cel·lofana entre dues fulloles amb un forat circular cada una i introduint el gas en el mitg. Una solució encara més senzilla és utilitzar una lent de Fresnel que permet comprovar l'equació de les lents primes amb errors de l'ordre del 3%.

Fonament:

Suposem que arriba un front d'ona pla de longitud d'ona λ a la lent i que el volem enfocar a una distància f (distància focal). Qualsevol punt de la lent es convertirà en un emissor secundari d'ones esfèriques. Cadascuna d'aquestes ones haurà de recórrer una distància d més gran que f per arribar al focus (figura 1). Si $d = f + m (\lambda/2)$, hi haurà interferència destructiva quan $m = \text{senar}$ (diferència de fase de 180°) i constructiva quan $m = \text{parell}$ (diferència de fase de 360°). Per aconseguir la lent de Fresnel només cal "tapar" els punts on $m = \text{senar}$ de manera que les ones secundàries no puguin passar i deixar "destapats" els punts on $m = \text{parell}$.

Per simetria els punts de "màxima" interferència, formen cercles concèntrics amb l'eix de la lent de radi:

$$r = (d^2 - f^2)^{1/2}$$

Els punts a banda i banda d'aquests cercles també contribueixen a la interferència i formen anells que es poden calcular així:

$$R = [(d - \lambda/4)^2 - f^2]^{1/2}, \text{ substituïnt } d \text{ pel seu valor quedarà:}$$

$$R = \{(f + (m - 1/2)(\lambda/2))^2 - f^2\}^{1/2}$$

Quan $m = 1$, tenim el radi R_1 del primer anell que dona interferència destructiva i s'exten fins a R_2 ($m=2$) on comença un anell d'interferència constructiva que va fins a R_3 ($m=3$) on comença un altre anell d'interferència destructiva...

Si la lent és per ones de llum només cal fer-la en una làmina transparent i pintant de negre l'anell que va de R_1 a R_2 , el que va de R_3 a R_4 ... o sigui un anell sí, un altre no.

En el cas del so, la lent es pot fer de cartró, fullola, plàstic... i es retalla (es buida) un forat central fins a R_1 , es retallen (es buiden) els anells de R_2 a R_3 , de R_4 a R_5 ..., deixant uns radis sense retallar per tal de que uneixin entre ells els anells sense buidar (R_1-R_2 , R_3-R_4 ...).

Càlcul de la lent.

Haurem de triar la freqüència del so i la distància focal de manera adequada si no volem una lent acústica excessivament gran. Si escullim una distància focal de 10 cm i utilitzem ultrasons de 40,2 kHz la lent es pot fer en un quadrat de 25X25 cm o millor en un de 30X30 cm.

Utilitzant la equació anterior amb $f = 10$ cm, $\lambda/2 = 0,423$ cm i donant valors a n , s'obté: $R_1 = 2,1$ cm; $R_2 = 3,6$ cm; $R_3 = 4,7$ cm; $R_4 = 5,6$ cm; $R_5 = 6,5$ cm; $R_6 = 7,2$ cm; $R_7 = 7,9$ cm; $R_8 = 8,6$ cm; $R_9 = 9,2$ cm; $R_{10} = 9,8$ cm; $R_{11} = 10,4$ cm; $R_{12} = 11$ cm; $R_{13} = 11,6$ cm. En la figura 2 es pot veure un tròs de la lent a tamany natural. Els anells ratllats són els que s'han de deixar, els altres s'han de buidar.

Emisor d'ultrasons.

Les càpsules ultrasònica emissora i receptora són fàcils de trobar en botigues de components electrònics al preu d'unes 1000 pts la parella (a vegades es venen per separat). La càpsula emissora porta la referència 040k2 i per fer-la funcionar només la cal connectar a un generador de funcions o de freqüència posat a 40,2 kHz o si no s'en té, utilitzant el circuit de la figura 3 (aquest circuit s'utilitza també per fer polsacions d'ultrasons). Una manera de saber quan la freqüència és exactament de 40,2 kHz és connectant la càpsula receptora R40k2 a l'escala de 10 V altern d'un tèster analògic, es posa quasi tocant i encarada amb la càpsula emissora i es va variant la freqüència fins que el tèster capti el màxim senyal.

Receptor d'ultrasons.

és suficient connectar la càpsula receptora a l'oscil·loscopi. Si es vol més ensibilitat es pot utilitzar el circuit de la figura 4. En aquest cas es pot connectar un tèster analògic posat en una escala d'altern.

Comprobació de la equació per lents primes.

La equació $1/i + 1/o = 1/f$ es compleix molt bé per la lent de Fresnel i es pot comprobar de dues maneres:

- 1) Se situen les càpsules de l'emisor i receptor a una distància de 40 a 150 cm i mitjançant soports es mantenen a una altura de la taula igual al centre de la lent . S'ajusta la sensibilitat del receptor de manera que sense lent no estigui saturat (que no marqui el màxim). S'introdueix la lent centrada en la línia que uneix les dues càpsules i es desplaça cap a l'una i cap a l'altra fins que s'observa un màxim en el receptor. El receptor indica un màxim quan s'aconsegueix enfocar la càpsula emissora en la receptora.

Es mesuren les distancies de cada càpsula a la lent; s'en introdueix una a l'equació i es calcula l'altra comparant amb el valor mesurat; l'error no acostuma a ser superior al 3%.

2) Es van situant les càpsules a diferents distancies i en cada cas es calcula la distancia objecte per tal de que la imatge de la càpsula emissora es formi en la receptora. Se situa la lent a la distancia calculada i el receptor indicarà un màxim. Movent lleugerament la lent cap a una o l'altra càpsula el senyal disminuirà sobtadament.

Per exemple si la distancia és 90 cm tindrem: $i + o = 90$; $f=10$;
 $1/i + 1/o = 1/f$; substituint: $1/(90-o) + 1/o = 1/10$; d'on es pot aïllar o , la distancia entre la càpsula emissora i la lent. Com que la distancia imatge i la distancia objecte són intercanviables, també s'observarà un màxim en el receptor quan la lent es posi a la distancia objecte calculada de la càpsula receptora.

Lluís Nadal Balandras.

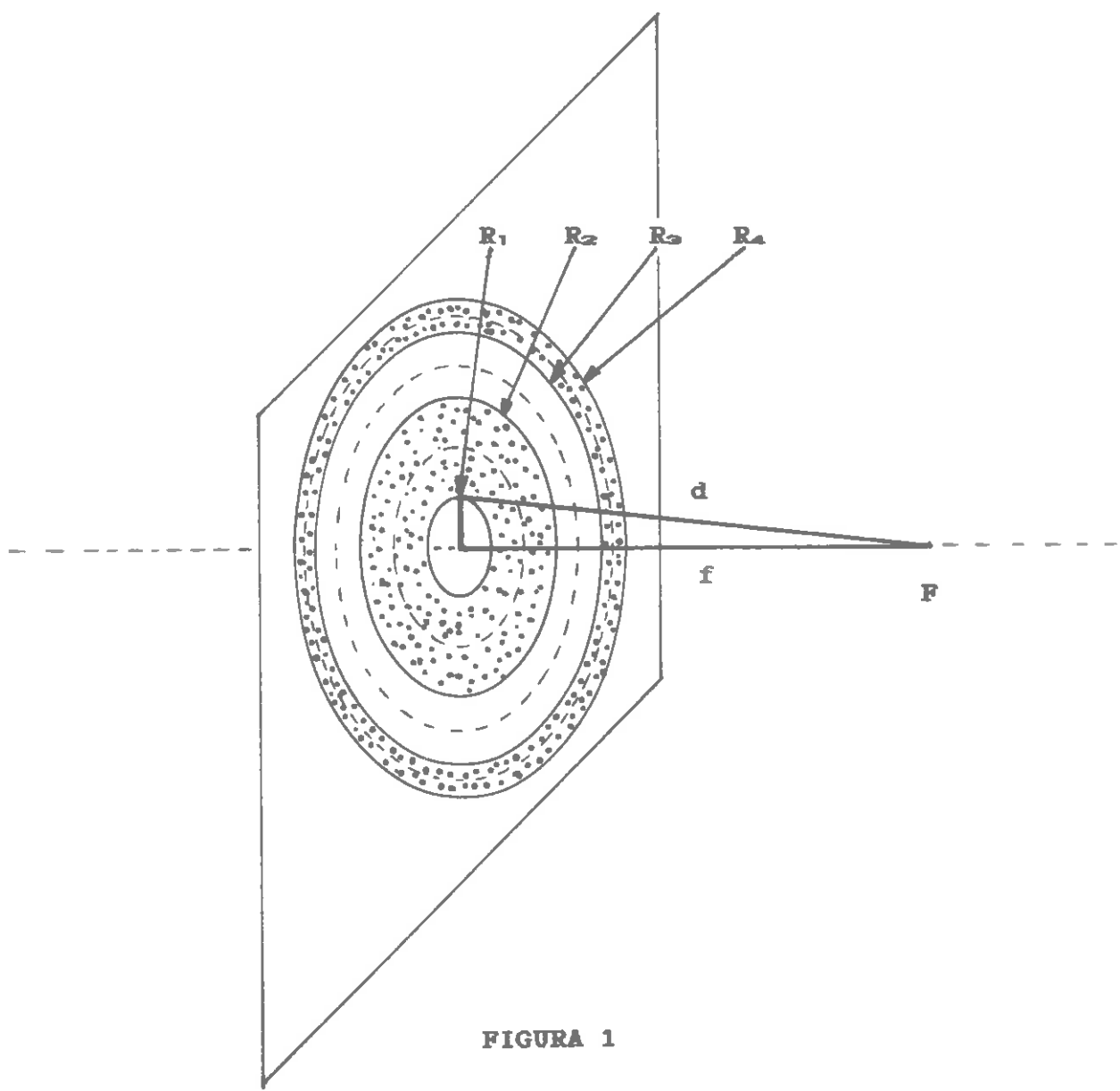


FIGURA 1

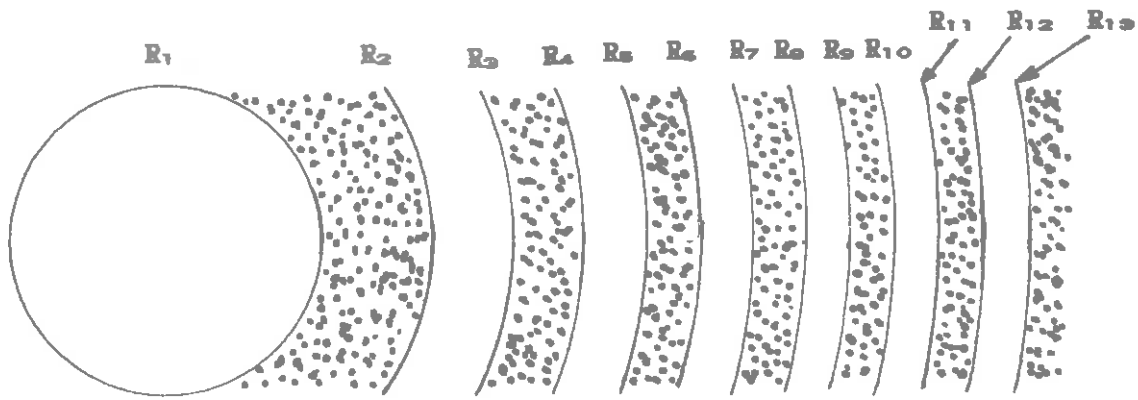
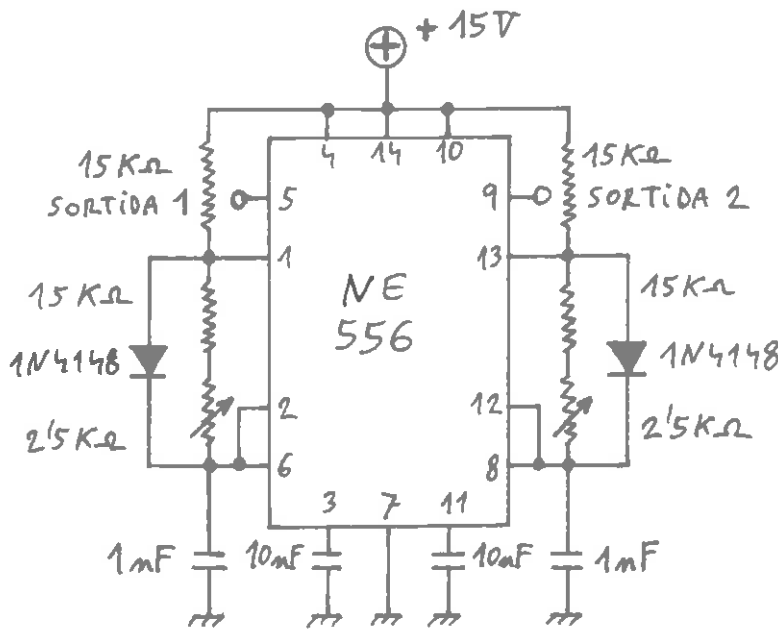


FIGURA 2



Aquest circuit pot fer oscil·lar dues càpsules connectades entre cada sortida i massa. Es poden ajustar per separat de manera que es poden observar pulsacions d'ultrasons.

FIGURA 3

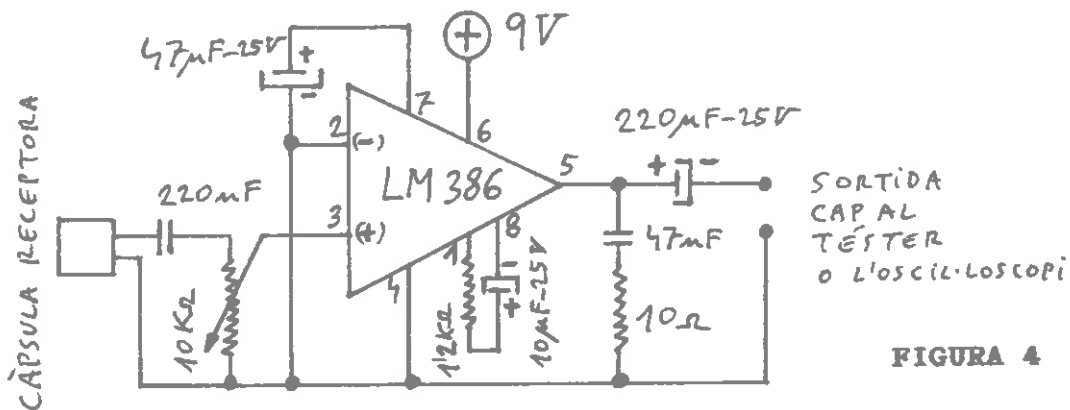


FIGURA 4