



Experiments d'ones hertzianes d'UHF.

Lluís Nadal i Balandras

(Centre de Documentació i Experimentació de Ciències)

Construcció de l'oscil.lador.

L'oscil.lador que es presenta a continuació és una modificació d'un altre degut a R. W. Howes (vegeu la bibliografia al final) i pot oscil.lar pel damunt de 400 MHz.

Material:

R1: 2,2 k Ω - 1/2 W.

R2: 150 Ω - 1/2 W.

R3: 10 Ω - 6 W.

C1: 10 pF ceràmic.

C2: 15 pF ceràmic.

C3 = C4 : 1000 pF ceràmic.

C5: trimmer de 3-18 pF.

X1: 4 espises de fil d'1 mm bobinades amb un diàmetre interior de 4 mm i deixant una mica de fil de manera que es pugui soldar verticalment. Es pot utilitzar un cargol de 4 mm per a donar-li forma.

X2: igual que X1 però deixant fil pel costat de manera que es pugui soldar verticalment.

L1 = L2: una espira de fil d'1 mm amb un diàmetre intern de 15 mm. (Es pot utilitzar un tub d'assaig per a donar-li forma).

T: transistor BLX93A (costa unes 3500 PTA).

Un tros de circuit imprès de fibra de vidre amb coure per les dues cares de 7,3 x 7 cm.

Un interruptor.

Una bombeta de 3 V - 40 mA.

L'esquema es pot veure a la figura 8.

El circuit imprès es pot veure a la figura 1. S'ha de tenir en compte que l'altra cara ha de tenir el coure intacte, de manera que s'ha de pintar completament abans del revelat. Aquesta cara es connecta al pol positiu. Les soldadures es fan pel costat que es veu a la figura 2.



Les connexions al pol positiu es fan foradant les dues cares i unint-les amb un fil que es passa pel forat i es solda a les dues cares.

Les espirals L1 i L2 s'han de soldar separades aproximadament una distància igual al seu radi. És convenient posar un radiador al transistor per la cara del coure intacte.

La resistència R3 pot variar entre 4,7 i 22 Ω i es determina de la manera següent: un cop muntat l'oscil.lador, es connecta una bombeta de 3V - 40 mA amb l'espira L2. S'alimenta l'oscil.lador amb una font de tensió variable, controlant la intensitat amb un polímetre. El moment en que la intensitat puja de sobte indica que hi ha oscil.lació, llavors s'ajusta el trimmer (C5) de manera que la bombeta s'encengui al màxim. No convé que l'intensitat sigui superior a uns 200 mA. Es proven diferents resistències de manera que s'obtingui prou potència i la tensió d'alimentació estigui compresa entre 12 i 18 v (per a emetre cal més potència que per als fils de Lecher).

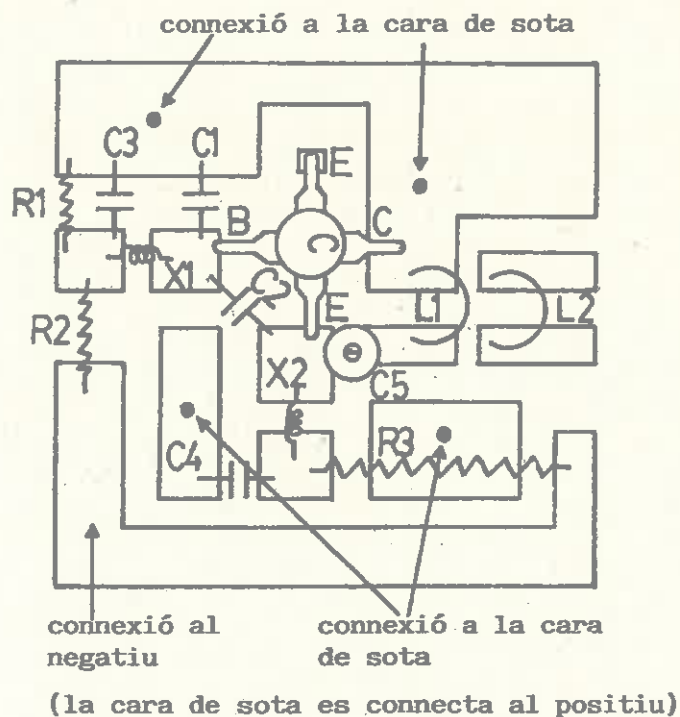
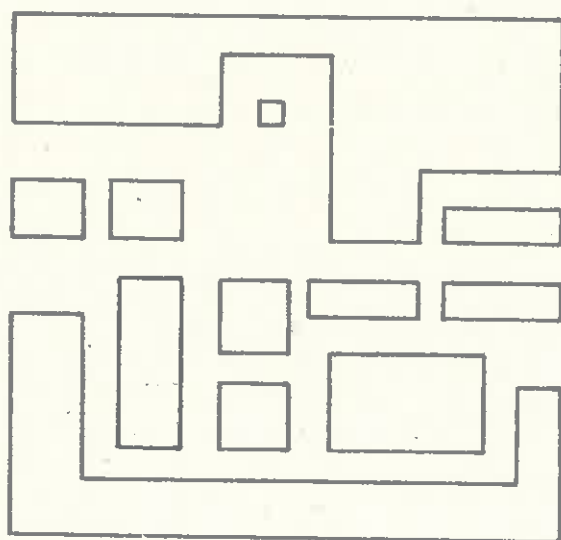


figura 1



Fils de Lecher (ones estacionàries en un conductor). Figura 2.

Es connecten dues varetes d'acer inoxidable o llautó de 3 mm i 1 m de llarg, amb una separació d'uns 3 cm a L2. S'engega l'oscil.lador i es desplaça una bombeta de 3 V - 40 mA fent contacte en les dues varetes simultàniament, es veurà com s'encén al màxim en uns punts i no s'encén o s'encén al mínim en d'altres. Això s'explica per la formació d'ones estacionàries. La distància entre dos mínims o dos màxims correspon a una semilongitud d'ona (mesurada en els conductors és sempre més curta que al buit donat que la velocitat de propagació en un conductor és sempre inferior a la del buit).

Observar ones estacionàries és important no solament per que demostren que es tracta d'un fenomen ondulatori si no que a més demostren que la velocitat de propagació és finita.

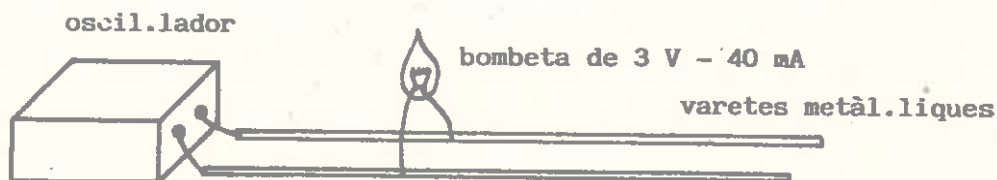


figura 2

Emissor.

Només cal connectar un dipol en comptes dels fils de Lecher a l'espira L2 i ja es tindrà una ona de ràdio radiada a l'espai.

El dipol ha de tenir una longitud total igual a la semilongitud d'ona determinada amb els fils de Lecher i és format per dos conductors en una línia connectats un a cada costat de l'espira L2. És convenient que es pugui ajustar modificant la seva longitud: es poden utilitzar dues antenes telescòpiques o bé dos tubs de llautó de manera que l'un es pugui posar dintre de l'altre.



Receptors (figura 3).

El receptor més senzill és un dipol muntat en una fusta (convé que pugui variar la longitud del dipol) amb una bombeta de 3 V - 40 mA connectada en el seu centre (normalment es veurà encesa fins una distància de l'ordre de 0,5 m però si es treballa a una freqüència més baixa es pot veure encesa a distàncies superiors als 2 m). Pot ser caldrà reajustar el trimmer de l'emissor així com les longituds dels dipòls emissor i receptor (normalment aquest dipòls no seràn exactament iguals). El fet de que la bombeta s'encengui demostra que l'ona de ràdio (ona Hertziàna) transporta energia. També es pot fer un receptor connectant una bombeta a un cercol conductor de mitja longitud d'ona de llargada.

Per a fer un receptor més sensible només cal posar un díode Shottky BAT42 o qualsevol díode de germani AA138, OA90, OA95...i un microamperímetre de 100 μ A en paral.lel en el centre del dipol. Si es vol reduir la sensibilitat d'aquest receptor se li afegeix un shunt que consisteix en una resistència d'ajust de 100 Ω .

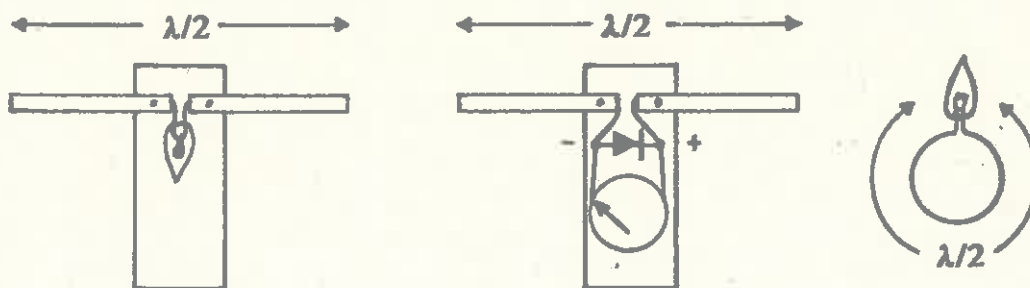


figura 3

Els experiments que s'exposen a continuació convé fer-los en una taula que no tingui entramat metàl.lic i evitar que hi hagin tubs, suports ..., metàl.lics a les proximitats. El cos de l'experimentador reflecteix les ones i pertorbarà algunes observacions, caldrà apartar-se després de cada manipulació o fer-la amb un pal llarg.



Polarització (figura 4).

Si el receptor amb bombeta es posa pròxim a l'emissor tenint les dues antenes paral·leles, la bombeta s'encén. Si es gira l'antena del receptor fins posar-la perpendicular a la de l'emissor, la bombeta s'apaga. Amb un angle intermedi, la bombeta romandrà lleugerament encesa. Un altre experiment més elegant consisteix en encolar fils conductors paral·lels a una distància d'uns 4 cm entre ells, en un suport de cartró, cartró ploma, fullola, porexpan...de manera que tinguin una longitud superior a la del dipol (o sigui més d'una semilongitud d'ona).

Es posa el receptor de bombeta amb l'antena paral·lela a l'emissor, s'hi interposa enmig el conjunt de fils conductors. Quan aquests són paral·lels a les antenes, la bombeta no s'encén, si es posen perpendiculars, no fan cap efecte i la bombeta s'encén normalment i si es posen en un angle intermedi la bombeta s'encén una mica però menys que quan són perpendiculars.

La interpretació és que les ones de ràdio surten de l'antena amb el camp elèctric paral·lel a l'antena emissora (el camp magnètic és perpendicular al camp elèctric). Si els fils conductors són paral·lels a les antenes el camp elèctric de l'ona pot fer oscil·lar els electrons en tota la longitud dels conductors de manera que absorbeixen la major part de l'energia radiada. Si els conductors es posen perpendiculars, el camp elèctric només pot fer oscil·lar els electrons una longitud igual al diàmetre dels conductors de manera que quasi no hi ha absorció d'energia.

La polarització obliga a posar les antenes receptores paral·leles a l'antena emissora. En Espanya la televisió s'emeta amb polarització horitzontal i per tant totes les antenes receptores que es veuen tenen el dipol i els altre elements horitzontals. Alguns països emeten en polarització vertical i llavors les antenes de televisió receptores estan posades de costat.

Igual que en òptica, també és possible la polarització circular.

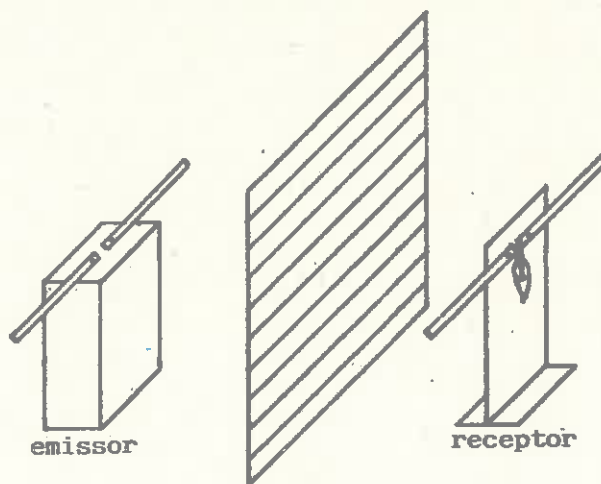


figura 4



Ones estacionàries a l'aire (figura 5).

Posant un reflector conductor (una planxa metàl·lica, un prestatge de prestatgeria metàl·lica...) a una distància d' $1/4$ de longitud d'ona de l'emissor i un altre a una distància de $5/4$ de longitud d'ona (s'entén que l'emissor ha d'estar entre els dos reflectors) i desplaçant el receptor amb bombeta entre mig, es veurà que a prop de l'emissor la bombeta s'encén molt, després la seva llum va minvant fins un mínim a partir del qual torna a augmentar i finalment quan el receptor és quasi tocant el reflector la bombeta s'apaga. Això es pot interpretar admetent que es formen ones estacionàries de la mateixa manera que en els fils de Lecher. (Idealment l'emissor hauria d'estar en el focus d'un reflector paraboloid per tal d'obtenir un front d'ona pla).

Els camps elèctric i magnètic estan en fase en una ona que es propaga lliurement però en les ones estacionàries estan desfasats 90° degut a que el camp elèctric a l'interior dels reflectors ha de ser forçosament nul mentre que el camp magnètic no.

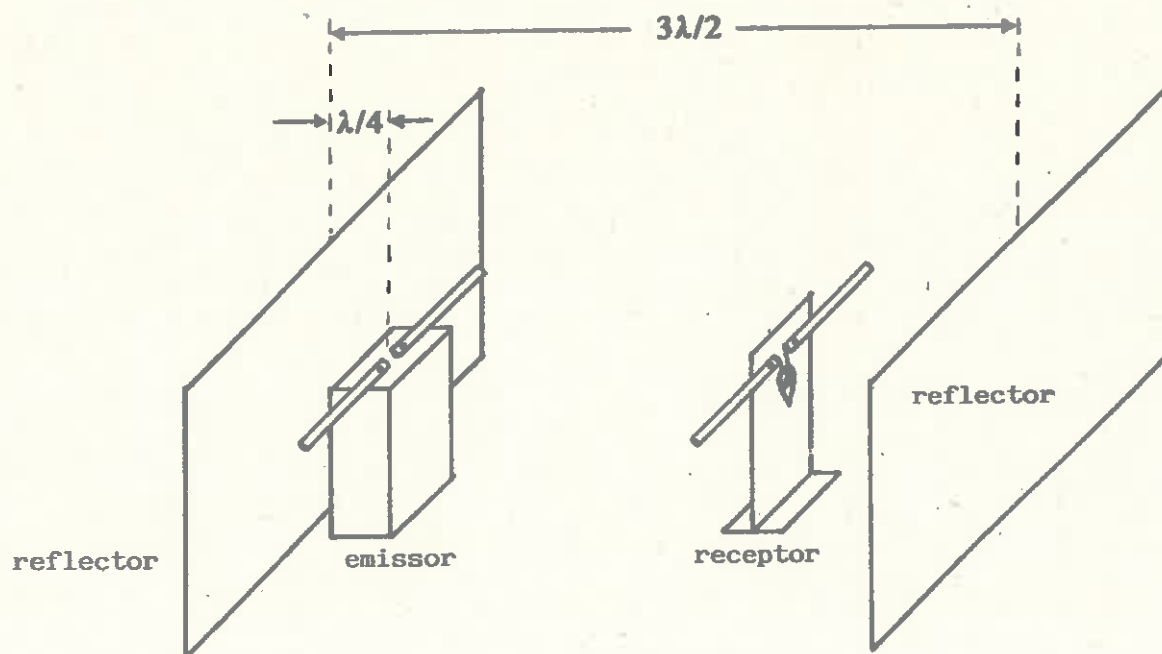


figura 5

6

Efecte d'un dipol reflector (figura 6).

Les antenes de televisió tenen altres elements apart d'un dipol (és un dipol "tancat") per tal d'augmentar el guany: els reflectors i els directors. El que es pot dir per recepció també es pot aplicar a l'emissió.

Es posa el receptor amb microamperímetre a uns 2,5 m de l'emissor i es darrera de l'emissor s'hi posa una vareta metàl·lica un 10% més llarga que el dipol emissor. Variant la distància del reflector a l'emissor, s'aconsegueix augmentar el senyal rebut pel receptor.

Amb el receptor de bombeta es podrà comprovar que darrera del reflector no s'emet energia doncs la bombeta no s'encén. L'efecte del reflector és fer l'antena "direccional": l'energia s'emet en una direcció privilegiada de manera que en aquesta direcció es capta un senyal més fort a costa de no poder-lo captar en altres direccions.

S'obté el mateix resultat posant el reflector darrera del receptor (també cal ajustar la distància).

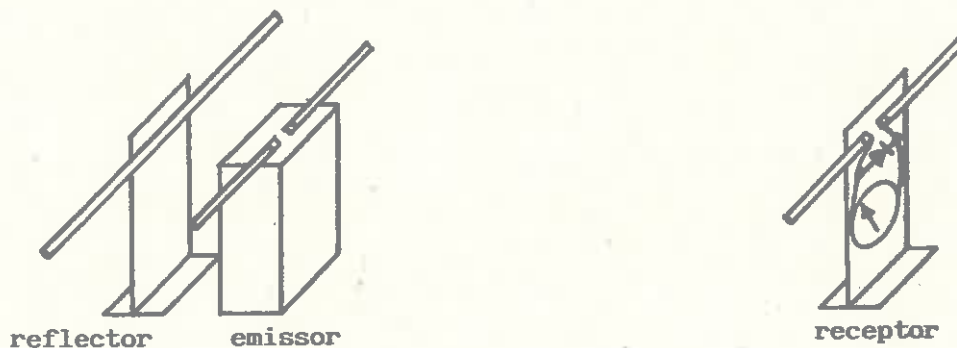


figura 6

Efecte d'un dipol director (figura 7).

El director també és una vareta metàl·lica però un 10% més curta que el dipol emissor i que es posa al seu davant (els dipols reflectors i directors són d'una sola peça en comptes d'estar "tallats pel mig com els dipols emissor i receptor). Ajustant la distància es pot aconseguir augmentar el senyal rebut pel receptor. S'aconsegueix el mateix efecte posant el director davant del receptor i ajustant la distància que els separa.

L'efecte del director és fer que l'antena emissora radiï en un angle més petit.

Tant el reflector com el receptor són dipols que a la seva vegada radien i per interferència aconseguixen "enfocar" constructivament la radiació en certs punts mentre que en altres la intensitat minvarà degut a interferència destructiva.





figura 7

Cohesor de Branly.

El cohesor de Branly es pot fer omplint un tubet de vidre o plàstic d'uns 5 cm de llargada amb llimadures metàl·liques i posant-hi un fil conductor per cada costat (en general es pot fer amb diferents tipus de petites peces metàl·liques que facin mal contacte: perdigons, xinquetes...).

Si es connecta un cohesor en el centre d'un dipol, se li connecta un polímetre en la posició ohm, se li acosta l'emissor a uns 20 cm del dipol i s'engega; es veurà que la resistència del cohesor minva i es queda en aquest valor encara que s'apagui l'emissor. Si després es dóna un copet al cohesor, aquest recupera el valor inicial de resistència. (Si s'utilitza un emissor amb carret de Ruhmkorff això es pot observar a una distància de 12 m entre l'emissor i el receptor).

El cohesor va permetre els inicis de la telegrafia sense fils. Una cosa bona és que té molta sensibilitat però l'efecte memòria és un inconvenient doncs quan capta un senyal queda "connectat" i ja no en pot rebre cap més. Aquest problema se solucionava posant-hi un electroimant que li donava un copet després de rebre un senyal, així quedava a punt per rebre el senyal següent.

Bibliografia:

"U.H.F. power transistors and Lecher line oscillators". R.W. Howes. Physics Education. Vol. 15. 1980.

"R.F. power transistors and modules". Semiconductor. Book 6, 1986. Philips Data Book.



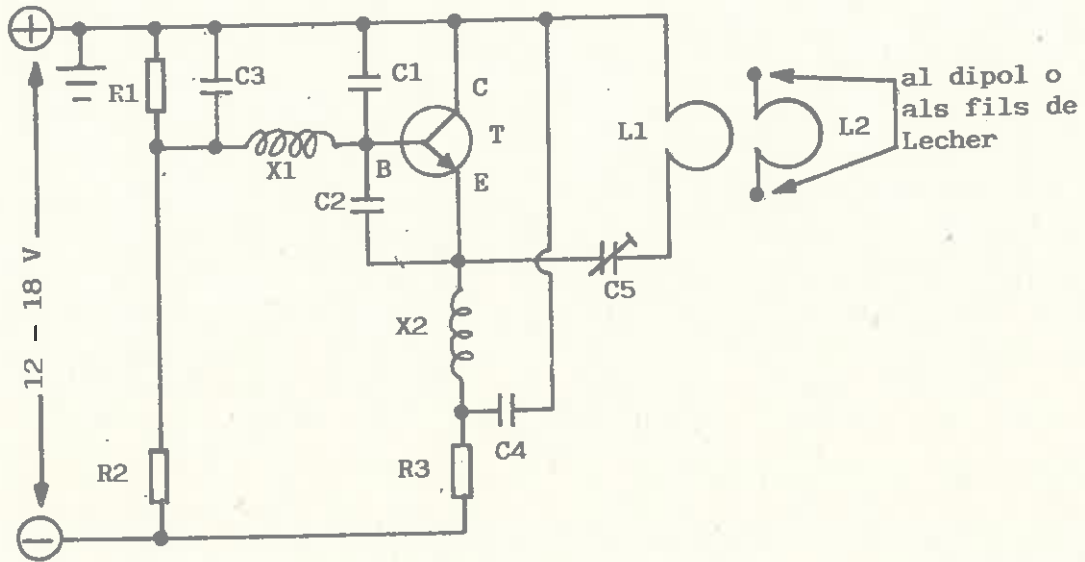


Figura 8