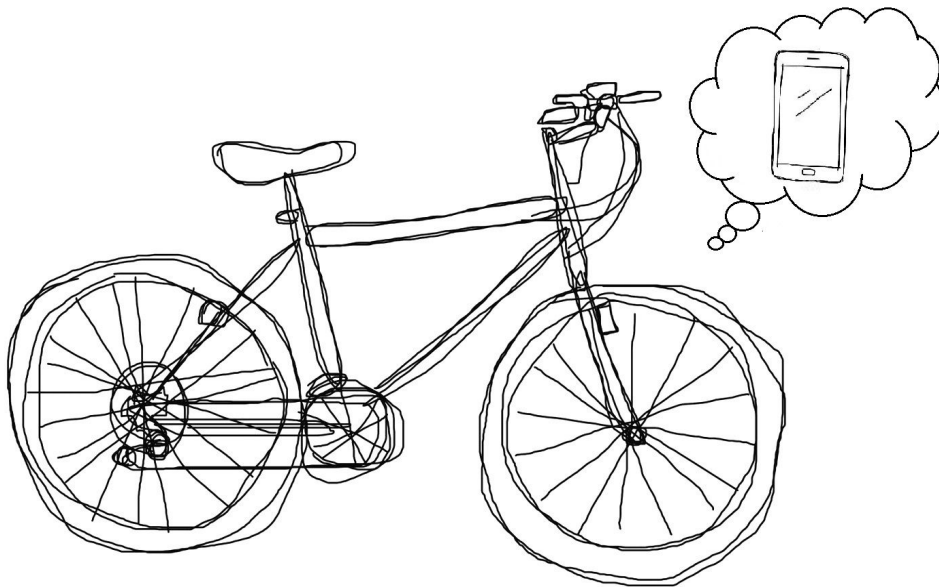


# Carregador per inducció magnètica en una bicicleta



Alumna: Maria Esplugas Eslava

Àrea: Tecnologia

Tutor: Xavi Moya

Escola: Salesians Rocafort

# ÍNDEX

1. Introducció.....	2
2. Objectius.....	4
3. Coneixements previs.....	5
3.1. Camp magnètic.....	5
3.2. Inducció electromagnètica .....	8
3.3. Circuit elèctric.....	13
4. Material.....	23
4.1. Instrumentació.....	23
4.2. Elements de construcció .....	25
5. Evolució del treball pràctic.....	26
5.1. Prova 0.....	27
5.2. Prova 1.....	29
5.3. Prova 2.....	31
5.4. Prova 3.....	33
5.5. Conclusions proves 1, 2 i 3 .....	35
5.6. Prova 4.....	36
5.7. Prova 5.....	39
5.8. Prova 6 (prototip final).....	45
6. Conclusions.....	59
7. Agraïments.....	60
8. Fonts d'informació.....	61
8.1. Bibliografia.....	61
8.2. Webgrafia.....	61
9. ANNEX.....	63

# 1. Introducció

Avui en dia, el vertiginós desenvolupament de la ciència i la tecnologia ha irromput en tots els àmbits i nivells socials. Tot això aporta canvis que repercuteixen en la nostra forma de viure, pensar i fer.

L'"smartphone" n'és un clar exemple. El telèfon mòbil és una eina indispensable que et permet accedir a la xarxa, per estar comunicat amb el món les 24 hores.

Però aquest aparell, com molts altres, requereix una font d'alimentació per funcionar, l'energia elèctrica. En el cas dels smartphones, utilitzem l'electricitat dels endolls per carregar-los. Però que passaria si no disposéssim d'un endoll, com per exemple és el cas quan et trobes en mig de la muntanya? Bé, aquest és el problema que vull resoldre, trobar un substitut innovador d'aquesta energia, principalment basat en l'energia del propi cos.

Una de les idees principals que vaig tenir, va ser l'obtenció de càrrega a partir de l'energia cinètica del moviment que fem al caminar, mitjançant un sistema de piezoelectricitat. La piezoelectricitat és la capacitat que tenen certs materials per generar energia en ser accionats, premuts o tensionats. Amb unes plaques piezoelectriques situades a la sola de la sabata, es podria produir energia en caminar. Però aquest sistema va ser descartat per la seva inviabilitat i dificultat d'execució, ja que l'energia d'una trepitjada no donaria la potència necessària.

Tot i així, la meva intenció seguia sent la de buscar un substitut a la càrrega estàtica del telèfon mòbil a partir d'una energia renovable, com l'energia cinètica del l'ésser humà. Sent aquesta energia insuficient per a transformar-la en energia elèctrica, vaig donar amb la idea d'utilitzar-la mitjançant l'energia cinètica de la bicicleta.

Anar amb bicicleta suposa un magnífic exercici i, a més de ser beneficiària per a la nostra salut, també ho és per al medi ambient, sent un dels principals mitjans de transport ecològics. Però aquests no són tots els avantatges que en podem trobar. Podem aprofitar aquesta energia cinètica que fem en pedalejar per produir energia elèctrica destinada a diferents usos, com per exemple, les llums frontals de la bicicleta o carregar el nostre smartphone.

Per fer aquesta conversió existeix una màquina coneguda com a dinamo, la qual utilitza l'electromagnetisme per convertir la rotació mecànica en electricitat, en forma de corrent continu.

Aquest sistema és molt utilitzat en el mercat, per això vaig voler innovar-ne un nou, basant-me en el camp magnètic de la bobina de la dinamo (en la seva inducció), però d'una manera diferent i així evitant també la fricció que fan les dinamos tradicionals amb la roda.

## 2. Objectius

El treball consisteix a construir un carregador de mòbil per la bicicleta, mitjançant energia electromagnètica produïda per uns imants enganxats als radis de les rodes i una bobina estàtica, perquè cada cop que es faci el moviment de la pedalada, es produeixi un camp magnètic que, transformat a través d'un circuit elèctric, aporti l'energia necessària per carregar el nostre smartphone (o qualsevol aparell alimentat amb el mateix sistema que el telèfon mòbil).

Hauré de comparar totes les possibilitats, com el nombre i tipus d'imants, la fabricació de la bobina (fil, nucli, dimensió...), la composició del circuit, la posició del prototip (roda davantera o posterior), etc.

## 3. Coneixements previs

### 3.1. El camp magnètic

#### MAGNETISME

L'origen del magnetisme es remunta a l'època dels filòsofs grecs, a una ciutat anomenada antigament Magnèsia (Àsia Menor), on hi abundava un mineral negre capaç d'atraure objectes metàl·lics i de transmetre'ls aquesta propietat. Aquest mineral actualment es coneix amb el nom de magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Segons la tradició, va ser descobert per un pastor quan va acostar la punta de ferro del seu bastó a una pedra de magnetita i es va adonar que era atret.

A la natura, a més a més de la magnetita, existeixen altres materials amb aquesta propietat, els anomenats imants naturals. Però també hi ha altres substàncies com el ferro, el cobalt o el níquel, que poden adquirir aquesta propietat artificialment. Aquests s'anomenen imants artificials.

Un imant és un cos capaç d'atreure fortament els objectes de ferro, i consta de dos pols, el nord i el sud, on es troba la màxima força d'atracció. La Terra actua com un gran imant natural, en el qual els pols magnètics estan pròxims als pols geogràfics, però no coincideixen, ja que el pol nord magnètic no correspon amb el sud geogràfic (com podem observar en la fig. 1). L'angle ( $\delta$ ) que compren el nord de l'agulla magnètica amb el nord geogràfic es diu declinació magnètica.

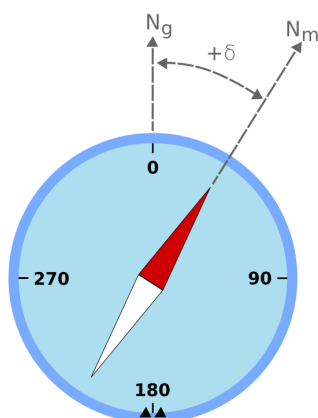


Fig. 1. Pols magnètics

Si apropem dos imants diferents, observem que pols del mateix tipus es repel·leixen i que pols de diferent tipus s'atrauen.

Tot imant presenta dos pols magnètics, és a dir, si un imant es trenca en dues parts es formaran dos imants nous i cada imant tindrà el seu pol nord i pol sud, tot i que la força d'atracció disminueix.

## ESTUDI DEL CAMP MAGNÈTIC

Les forces magnètiques poden ser degudes a corrents elèctrics i d'imants. En tots dos casos les forces són originades per càrregues elèctriques en moviment. Una càrrega elèctrica en moviment, a més de crear un camp elèctric, crea una nova pertorbació de l'espai que anomenem camp magnètic. Una càrrega en repòs no experimenta cap força magnètica.

### Descripció del camp magnètic

Per tal de determinar la intensitat del camp magnètic es defineix el vector camp magnètic o inducció magnètica ( $B$ ).

Suposem que en una regió de l'espai existeix un camp magnètic i que hi situem una càrrega de prova ( $q$ ). Si la càrrega es mou amb una velocitat ( $v$ ), experimenta una força magnètica proporcional a la càrrega ( $q$ ) i perpendicular a la velocitat ( $v$ ) (fig. 2).

A partir d'això es defineix el vector inducció magnètica ( $B$ ), en un punt de l'espai.

- La seva direcció és la del moviment de les càrregues sobre les quals la força magnètica és nul·la (fig. 2)
- El seu sentit es determina mitjançant la regla de la mà esquerra (fig. 3)
- El seu mòdul és:  $B = \frac{F}{|q| v \sin \alpha}$

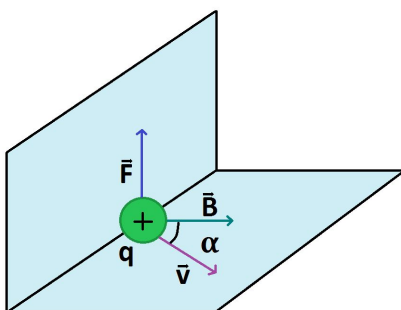


Fig. 2. Càrrega en una regió de l'espai

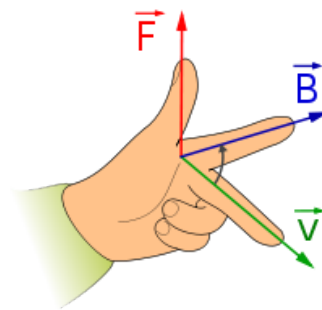


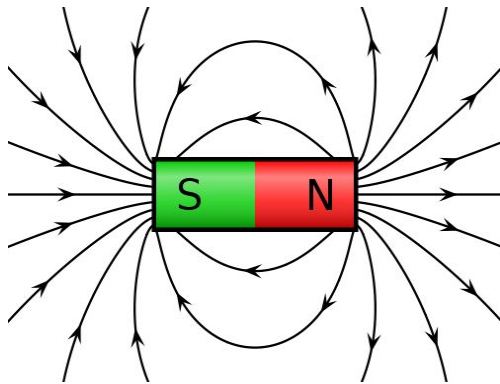
Fig. 3. Regla de la mà esquerra

La unitat d'inducció magnètica en el SI és el tesla (T).

### Representació del camp magnètic

Les línies d'inducció magnètica ens permeten visualitzar el camp magnètic (fig. 4). Aquestes línies es tracen seguint les condicions següents:

- En cada punt de l'espai, el vector inducció magnètica ( $B$ ), és tangent a les línies d'inducció i té el mateix sentit que aquestes.
- La densitat de les línies d'inducció magnètica en una regió és proporcional al mòdul de  $B$  en aquesta regió. És a dir, el camp magnètic és més intens en les regions on les línies d'inducció estan més juntes.



*Fig. 4. Camp magnètic*

## 3.2. Inducció elctromagnètica

### INDUCCIÓ DEL CORRENT ELÈCTRIC

#### Experiència d'Oersted

El 1820 es va comunicar el descobriment de H.C. Oersted. Un corrent elèctric podia desviar l'agulla imantada d'una brúixola (fig. 5).

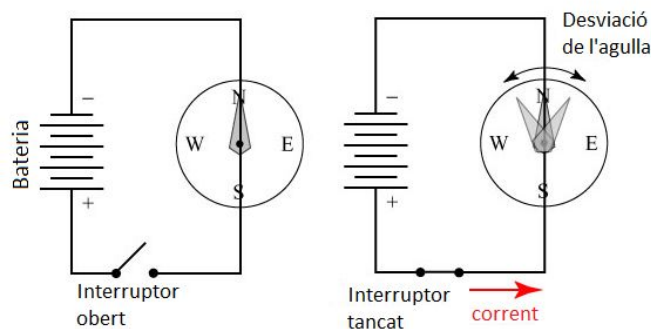


Fig. 5. Descobrimet d'Oersted

Així és com es va demostrar que l'electricitat i magnetisme estan estretament relacionats.

#### Llei de Faraday

La llei de Faraday és una llei matemàtica que formula el fenomen de la inducció electromagnètica.

Per a enunciar aquesta llei s'ha de quantificar el corrent induït mitjançant una magnitud física, la força electromotriu induïda o fem induïda.

Aquesta força és proporcional a la variació del flux magnètic,  $\Delta\Phi$ , i inversament proporcional al temps invertit en aquesta variació,  $\Delta t$ . La fem induïda mitjana val:

$$\varepsilon = - \frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

El signe negatiu ens indica que la força electromotriu induïda s'oposa a la variació del flux magnètic.

La força electromotriu induïda en un circuit és igual a la velocitat amb la qual varia el flux magnètic a través d'aquest circuit, canviada de signe.

$$\varepsilon = - \frac{d\phi}{dt}$$

Es pot calcular la intensitat del corrent induït en un circuit coneixent la seva resistència, R, i la força electromotriu induïda,  $\varepsilon$ . Per a fer-ho, apliquem la llei d'Ohm:

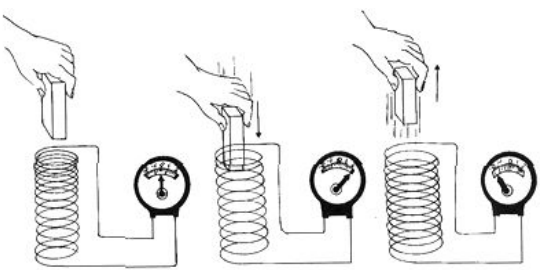
$$I = \frac{\varepsilon}{R} = - \frac{1}{R} \cdot \frac{d\Phi}{dt}$$

El valor de la intensitat induïda no depèn només de la variació del flux magnètic, sinó també de la resistència elèctrica del circuit.

### Experiències de Faraday

El físic i químic anglès M. Faraday va ser el primer a obtenir experimentalment, el 1831, un corrent elèctric a partir del magnetisme

Primera experiència: Moviment d'un imant en l'interior d'una bobina

Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bobina de fil conductor</li> <li>- Imant</li> <li>- Galvanòmetre</li> </ul>
Procediment	<p>Connectar els extrems de la bobina a un galvanòmetre per tal de mesurar el corrent induït en introduir i extreure l'imat (fig. 6).</p>  <p><i>Fig. 6. 1a experiència de Faraday</i></p>
Resultats	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Si acostem l'imat a la bobina, apareix un corrent induït durant el moviment de l'imat</li> <li>b) El sentit del corrent induït en la bobina s'inverteix si allunyem l'imat.</li> <li>c) Amb la bobina i l'imat fixos no observem cap corrent induït.</li> </ul>

En aquesta experiència, la intensitat del corrent induït depèn de la velocitat amb la qual movem l'imant (o la bobina), de la intensitat del camp magnètic de l'imant i del nombre d'espines de la bobina.

Fraday va interpretar que, per tal d'induir un corrent elèctric en un circuit, és necessari variar el nombre de línies d'inducció magnètica que el travessen.

Segona experiència: Tancament i obertura d'un circuit elèctric

<p>Material</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Barra de ferro</li> <li>- 2 bobines</li> <li>- Bateria</li> <li>- Galvanòmetre</li> <li>- Interruptor</li> </ul>
<p>Procediment</p>	<p>S'enrotllen dues bobines al voltant de la barra de ferro. La primera bobina es connecta a la bateria amb un interruptor K. La segona bobina es connecta a un galvanòmetre per tal de mesurar el corrent induït en tancar i obrir l'interruptor K (fig. 7).</p> <div data-bbox="454 969 1066 1339" data-label="Diagram"> </div> <p style="text-align: center;"><i>Fig. 7. 2a experiència de Faraday</i></p>
<p>Resultats</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>a) En connectar l'interruptor s'indueix un corrent elèctric en la segona bobina. Els corrents, en les dues bobines, circulen en sentits contraris.</li> <li>b) En desconectar l'interruptor s'indueix de nou un corrent elèctric en la segona bobina. Ara, el corrent induït té un sentit oposat al del cas anterior.</li> <li>c) S'indueix corrent en la segona bobina mentre augmenta o disminueix la intensitat de corrent en la primera bobina, però no mentre es manté constant. Això demostra que la inducció de corrent elèctric en un circuit és causada per camps magnètics variables.</li> </ol>

## Flux magnètic

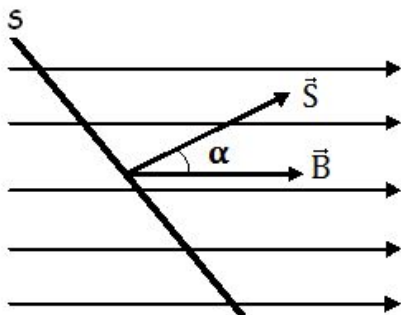
La llei de Faraday s'expressa en funció d'una magnitud anomenada flux magnètic ( $\Phi$ ), una mesura del nombre de línies d'inducció que travessen aquesta superfície.

La unitat del flux magnètic en el SI és el weber (Wb).

### Càlcul del flux magnètic en camp uniforme i superfície plana (fig. 8)

Definim el vector  $S$  com un vector perpendicular a la superfície  $S$  i de mòdul igual al valor d'aquesta superfície. El flux magnètic és igual al producte escalar:

$$\Phi = B \cdot S \cdot \cos\alpha$$



*Fig. 8. Representació de flux magnètic en camp uniforme i superfície plana*

### Càlcul del flux magnètic en camp variable i qualsevol superfície (fig. 9)

Dividim la superfície  $S$  en petits elements infinitesimals  $dS$ , de manera que en cadascun es puguin considerar la superfície plana i el camp magnètic uniforme. Es defineix el vector superfície  $dS$ , perpendicular a la superfície infinitesimal i de mòdul  $dS$ . El flux a través d'una superfície infinitesimal és:

$$d\Phi_m = \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

El flux total a través de la superfície  $S$  s'obté sumant totes les contribucions:

$$\Phi = \int_S \vec{B} \cdot d\vec{S}$$

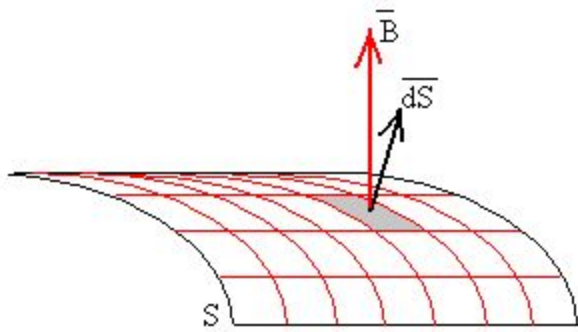


Fig. 9. Representació de flux magnètic en camp variable i qualsevol superfície

## Llei de Lenz

De les experiències de Faraday es dedueix que la inducció del corrent elèctric en un circuit es deu a la variació de flux magnètic a través del circuit.

Podem induir un corrent en el circuit si canviem cadascun dels tres factors que intervenen en l'expressió matemàtica del flux: el camp magnètic ( $B$ ), l'orientació del circuit respecte del camp (angle  $\alpha$ ), i l'àrea de la superfície que limita el circuit ( $S$ ) que es pot modificar en deformar el circuit.

La llei de Lenz és la regla que s'utilitza per determinar el sentit del corrent induït.

En acostar el pol nord d'un imant a una espira incrementem el flux magnètic a través de l'espira. Segons la llei de Lenz, el sentit del corrent induït en l'espira s'oposa a aquest increment. El sentit del corrent induït s'inverteix en allunyar l'imant. (fig. 10)

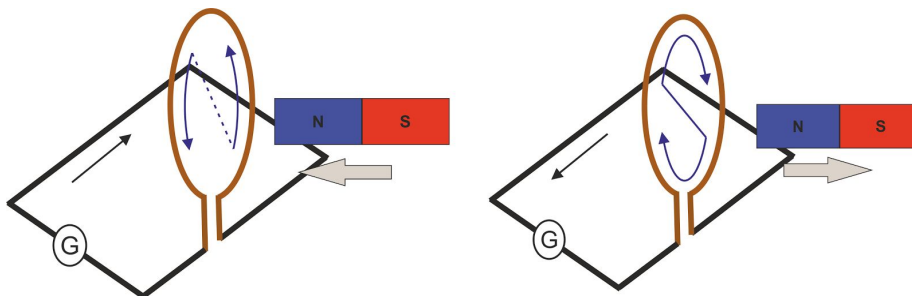


Fig. 10. Corrent induït en acostar i allunyar un imant a una espira

### 3.3. Circuit elèctric

Un circuit elèctric és un conjunt simple o complex de conductors i components elèctrics o electrònics recorregut per un corrent elèctric.

El que coneixem com a corrent elèctric, és que el desplaçament ordenat de càrregues o electrons a través d'un circuit elèctric tancat, que es mouen sempre del pol negatiu al pol positiu de la font de subministrament de força electromotriu (FEM).

Per dir que existeix un circuit elèctric qualsevol, és necessari disposar sempre de tres components fonamentals:

- Una font ( $\varepsilon$ ) de força electromotriu (FEM), que subministri l'energia elèctrica necessària en volt (V).
- El flux d'una intensitat ( $I$ ) de corrent d'electrons en ampere (A).
- Existència d'una resistència o càrrega ( $R$ ) en ohm ( $\Omega$ ), connectada al circuit, que consumeixi l'energia que proporciona la font de força electromotriu i la transformi en energia útil, com pot ser, encendre una làmpada, proporcionar fred o calor, etc.

#### LLEI D'OHM

La llei d'Ohm estableix que el corrent que travessa un circuit elèctric és directament proporcional a la diferència de potencial que hi ha entre els seus extrems i inversament proporcional a la resistència del circuit.

$$I = \frac{V}{R}$$

Per a components com les resistències, la llei es compleix per un gran interval de valors de corrent i voltatge, però en depassar certs límits es perd la proporcionalitat directa per efecte de la temperatura dissipada pel circuit per efecte Joule.

## LLEIS DE KIRCHHOFF

Les lleis de Kirchhoff permeten resoldre de manera sistemàtica el càlcul de circuits elèctrics que no es podrien solucionar aplicant directament la llei d'Ohm. La seva aplicació no és complicada: només cal tenir clars els conceptes de nus, branca i malla en un circuit elèctric i aplicar dues lleis.

Malla: Qualsevol recorregut elèctric tancat. En una malla la suma de les tensions sempre donarà 0.

Nus: Punt del circuit en el qual conflueixen dues o més intensitats. En aquest punt la tensió és la mateixa, i la suma dels corrents que conflueixen és 0.

Branca: Tot trajecte que pot recórrer una intensitat entre dos nusos.

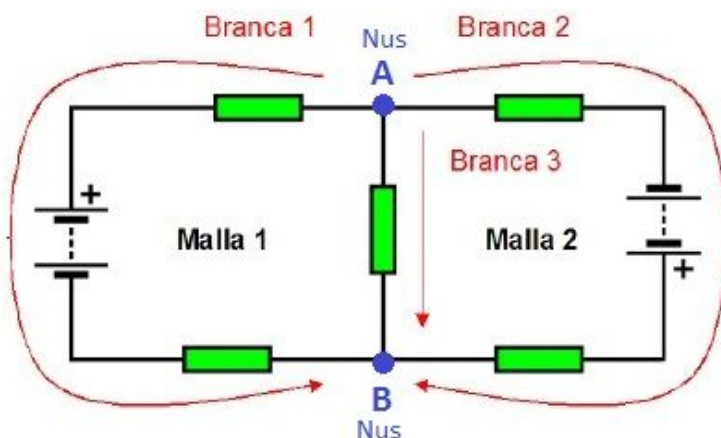


Fig. 11. Exemple de conceptes de nus, malla i branca

**Llei dels nusos:** La suma dels corrents que arriben a un nus és igual a la suma dels corrents que surten del nus.  $\sum I = 0$

**Llei de les malles:** En tota malla o circuit tancat, la suma de totes les fem és igual a la suma de les caigudes de tensió.  $\sum \mathcal{E} = \sum (R \cdot I)$

## TIPUS DE CONFIGURACIÓ DEL CIRCUIT

### Circuit en sèrie

Els elements estan connectats en cadena, la sortida d'un a l'entrada del següent i així successivament fins a tancar el circuit (fig. 11).

Característiques:

- Tots els elements que es connecten en sèrie tenen la mateixa intensitat.  
 $I_t = I_1 = I_2 = I_3 \dots$
- La tensió total dels elements connectats en sèrie és la suma de cadascuna de les tensions en cada element.  
 $V_t = V_1 + V_2 + V_3 \dots$
- La resistència total de tots els receptors connectats en sèrie en la suma de la resistència de cada receptor.  
 $R_t = R_1 + R_2 + R_3 \dots$
- Si un element dels connectats en sèrie deixa de funcionar, els altres també. Adona't que si per un element no circula corrent, en estar en sèrie amb la resta, pels altres tampoc, ja que per tots passa el mateix corrent o intensitat (és com si es tallés el circuit).

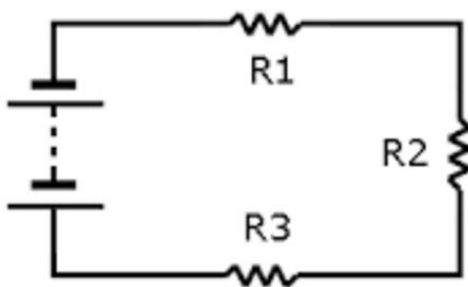


Fig. 12. Exemple de circuit en sèrie

## Circuit en paral·lel

Els elements tenen connectades les seves entrades a un mateix punt del circuit i les seves sortides a un altre mateix punt (fig. 12).

Característiques:

- Tots els elements o receptors connectats en paral·lel tenen la mateixa tensió, per això:

$$V_t = V_1 = V_2 = V_3 \dots$$

- La suma de la intensitat que passa per cadascuna dels receptors és la intensitat total.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 \dots$$

- La resistència total o equivalent dels receptors connectats en paral·lel es calcula amb la següent fórmula:

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots$$

- Si un receptor deixa de funcionar, els altres receptors segueixen funcionant amb normalitat.

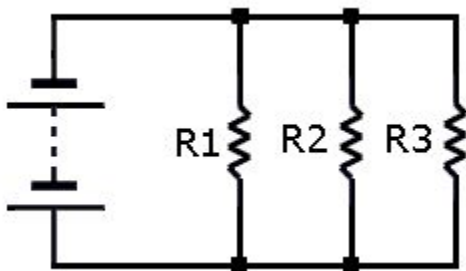


Fig. 13. Exemple de circuit en paral·lel

## RESISTÈNCIA AMB CORRENT CONTINU

En el cas del corrent continu, en tant que la densitat de corrent és totalment uniforme a tot el conductor, la resistència  $R$  d'un conductor de secció regular pot ser calculada com:

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

On:

- $l$  és la longitud del conductor, mesurada en metres (m)
- $s$  és l'àrea de la secció transversal del conductor, mesurada en metres quadrats (m<sup>2</sup>)
- $\rho$  (lletra grega rho) és la resistivitat elèctrica del material, mesurada en ohm · metre ( $\Omega \cdot m$ ). La resistivitat és una mesura de la capacitat del material d'oposar-se al flux del corrent elèctric.

A la pràctica, la densitat de corrent no és uniforme a gairebé cap de les connexions de conductors reals, però tanmateix l'equació anterior dóna una bona aproximació per als conductors llargs i prims com són els fils elèctrics.

\*Resistivitat del coure:  $1,71 \cdot 10^{-8}$

## COMPONENTS ELECTRÒNICS

Els elements d'un circuit elèctric es poden dividir principalment en elements passiu (aquells que absorbeixen energia) i elements actius (aquells que subministren energia).

**Inductor o bobina:** És un component passiu que, a causa del fenomen de l'autoinducció, emmagatzema energia en forma de camp magnètic. Un inductor està constituït usualment per una bobina de material conductor, típicament cable de coure. Existeixen inductors amb nucli d'aire o amb nucli d'un material ferrós, per incrementar la seva inductància (mesura de la capacitat d'un dispositiu per emmagatzemar energia en forma d'un camp magnètic).



Fig. 14. Simbologia de la bobina

\* Autoinducció: És un fenomen que consisteix en el fet que un corrent elèctric variable que viatja per un conductor elèctric genera un camp magnètic variable, que al seu torn indueix un corrent addicional en el conductor, i així successivament. El cas és que, a causa de la llei de Faraday i Lenz, el corrent induït per camp magnètic té sentit contrari al corrent que va generar el camp magnètic. La força electromagnètica autoinduïda per una força electromagnètica que crea un camp magnètic s'oposa a la força electromagnètica inicial. En una bobina també es produeix aquest fenomen. El paràmetre que ho regula és la inductància, que també s'anomena coeficient d'autoinducció, es designa amb la lletra L i es mesura en henris (H). El valor de la força electromagnètica (tensió elèctrica) autoinduïda es calcula mitjançant aquesta fórmula:

$$V_L = L \cdot \frac{dI}{dt}, \text{ on } \frac{dI}{dt} \text{ és la variació temporal del corrent elèctric.}$$

Per calcular el coeficient d'autoinducció (L) en una bobina:  $L = \frac{\Phi}{I}$ , on  $\Phi$  és el flux magnètic (pàg. 11) i I la intensitat.

De la mateixa manera que la capacitat, el coeficient d'autoinducció solament depèn de la geometria del circuit i de les propietats magnètiques de la substància que es col·loqui a l'interior del solenoide. L'autoinducció d'un solenoide de dimensions donades és molt major si té un nucli de ferro que si es troba en el buit.

**Pont rectificador:** És un circuit electrònic (fig. 15) actiu que serveix per convertir corrent altern (fig. 16 a) en semionies positives (fig. 16 b). Consisteix en quatre díodes comuns disposats en pont, el paper dels quals és fer que el corrent elèctric vagi en un sol sentit, actuant dos díodes per semiperíode.

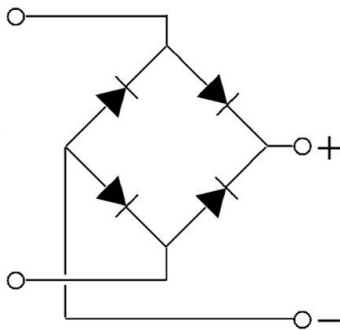


Fig. 15. Simbologia del pont de díodes

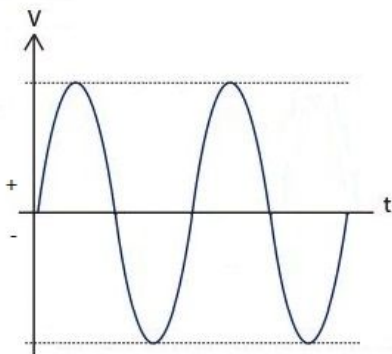


Fig. 16 a. Corrent altern

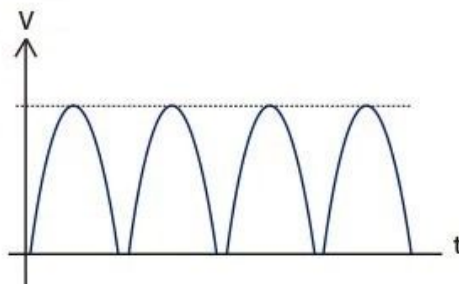


Fig. 16 b. Corrent positiu

**Condensador electrolític o filtre:** És un condensador d'alta capacitat (mesurat en farads), utilitzat en les fonts de voltatge per filtrar el voltatge de sortida i les fluctuacions de corrent (fig. 18), després d'un pont de díodes i emmagatzemar-lo, convertint-lo així en corrent continu. S'ha de respectar la polaritat perquè si no pot esclatar.

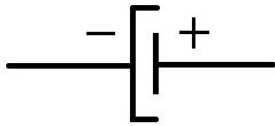


Fig. 17. Simbologia del condensador electrolític

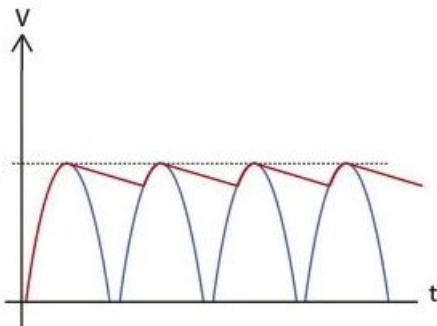


Fig. 18. Voltatge filtrat (en vermell)

**Regulador de tensió:** És un dispositiu electrònic actiu que estableix les tensions de corrent contínua.

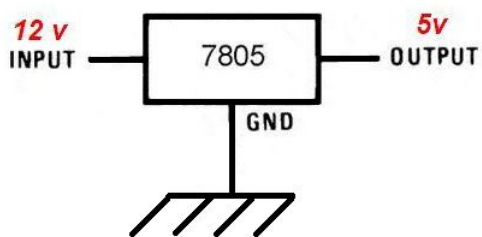


Fig. 19. Exemple de regulador de tensió de 5V

**Díode zener:** És un regulador de tensió més senzill. Aquest díode és com qualsevol altre, és a dir, només condueix el corrent en un sentit (el de la fletxa segons la fig. 20), però té la particularitat que quan la tensió en inversa supera el que s'anomena la tensió zener (en aquest cas 5 V), comença a conduir en polarització inversa, mantenint aquesta tensió en els borns.

Funcionament (fig. 20): Si la tensió d'entrada ( $V$ ) és inferior a la tensió del zener ( $V_z$ ), no hi ha circulació de corrent en el circuit perquè el díode està polaritzat en inversa. En el moment que la tensió ( $V$ ) supera la tensió zener ( $V_z$ ), segons la corva de la fig. 21, el díode comença a conduir. Per mantenir la tensió de 5 V en el díode, en la resistència cau una tensió igual a la diferència entre  $V$  i  $V_z$ . D'aquí es pot calcular el corrent que passa per la resistència  $R$  ja que  $I = \frac{V - V_z}{R}$ . Aquest corrent ( $I$ ) és el que passarà pel díode zener.

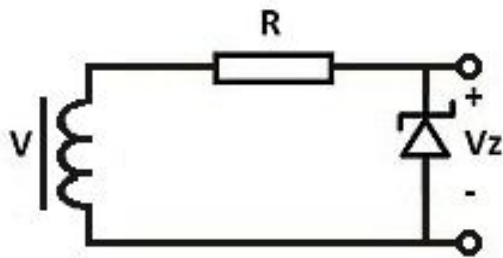


Fig. 20. Funcionament del díode zener

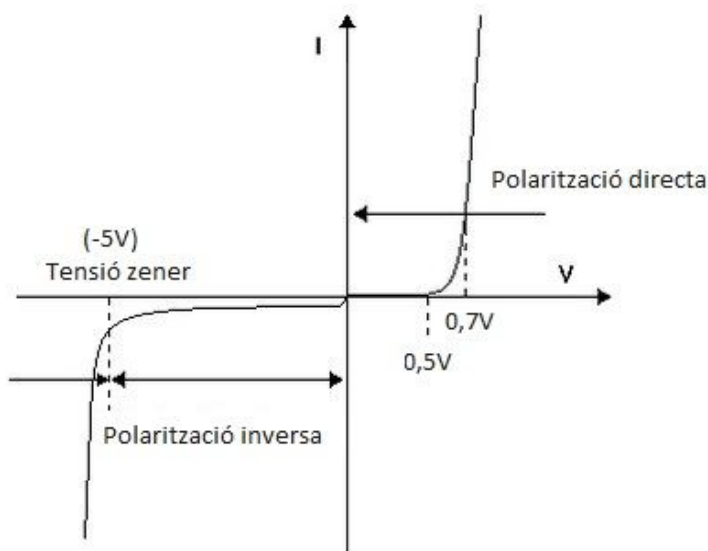
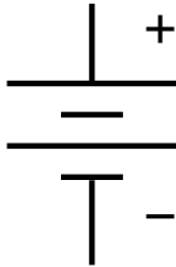


Fig. 21. Corva del díode zener

**Bateria:** Una bateria és formada per dues o més cel·les electroquímiques connectades en sèrie, i té la finalitat d'emmagatzemar càrregues elèctriques. És un element actiu fonamental per conservar l'energia que no es consumeix quan és generada.



*Fig. 22. Simbologia de la bateria*

## 4. Material

### 4.1. Instrumentació

#### Oscil·loscopi

Un oscil·loscopi és un instrument de mesura electrònic que crea gràfics visibles en dos dimensions d'una o més diferències de potencial elèctric. L'eix horitzontal representa el temps, cosa que fa útil aquest instrument per representar senyals periòdics; i l'eix vertical ens mostra voltatge. La imatge és generada mitjançant una pantalla, tradicionalment un Tub de raigs catòdics. Permet veure l'evolució temporal de diferents senyals presents en els circuits electrònics.

Aquests aparells compten amb uns commutadors que ens permeten l'ajust de l'escala de temps i de voltatge. Les freqüències en què es pot usar un oscil·loscopi poden ser des d'un senyal que no variï en funció del temps (com un corrent continu) fins a l'ordre de 10 MHz o més en funció del model emprat.

L'oscil·loscopi que vaig utilitzar en les pràctiques me'l va proporcionar el meu pare.



Fig. 23. Oscil·loscopi usat en la pràctica

## Polímetre

Un polímetre és un instrument de mesura electrònic que mesura magnituds elèctriques, ja siguin actives (corrents, potencials...) o passives (resistències, capacitats...). Pot fer mesures en corrent continu o en corrent altern, depenent de l'instrument.



*Fig. 24. Polímetre usat en la pràctica*

## 4.2. Elements de construcció

MATERIAL	QUANT.	PREU UNITARI	PROVEÏDOR
Imants de neodimi en recipient d'acer foradat Ø 32 mm.	3	2,83€	Internet: tiendaimanes.es
Imants de ferrita en recipient d'acer foradat Ø 36 mm (NO EN PROTOTIP FINAL)	4	1,50€	Servei Estació
Fil de coure de 0,1 mm (bobina de 700m) (NO EN PROTOTIP FINAL)	1	6,55€	Onda Radio
Fil de coure de 0,2 mm (bobina de 178m) (NO EN PROTOTIP FINAL)	1	7,53€	Diotronic
Fil de coure de 0,3 mm (80 m per bobina)	3	8,02€	Diotronic
Caragols M3	3		Reciclat
Femelles M3	3		Reciclat
Volanderes M3	3		Reciclat
Caragols 6x5	3	0,20€	Bauhaus
Femelles M5	3	0,01€	Bauhaus
Volanderes 8,4x30	3	0,10€	Bauhaus
Abraçadores 40mm de diàmetre	3	1,99€	Bauhaus
Tub de PVC de 40 mm de diàmetre (45mm llarg)	0,135 m	2€/m	Material fontaneria
Xapes de torre d'ordinador	6		Reciclat
Platines de ferro amb 4 forats	5	0,25€	Ferreteria
Xocs de ferrita	3	1,25€	Diotronic
Pont de diodes	1	0,34€	Diotronic
Condensador electrolític 1.000 µF	1	0,42€	Diotronic
Diode zener 5V 0,5W	1	0,02€	Diotronic
Port USB femella	1	0,50€	Diotronic
Placa de circuit imprès foradada per prototips	1		Reciclat
Cola tèrmica			
Cable de diversos colors			
Macarró termoretràctil			

## 5. Evolució del treball pràctic

El procediment de la construcció d'aquest invent es divideix en 3 parts:

El bobinatge, que consisteix en la part del camp magnètic de la bobina i els imants, i que per mitjà de diverses proves comparatives, havia de construir el millor sistema que em proporcionés el corrent desitjat per dur a terme el segon pas, el circuit elèctric. Aquest circuit permetria transformar l'energia obtinguda en la primera part del treball, en la necessària per poder carregar el meu smartphone. I per últim, hauria de trobar un sistema per muntar les dues altres parts a la bicicleta.

Per això, vaig utilitzar la bicicleta en posició invertida.

## 5.1. Prova 0

Per començar a experimentar, vaig comprar 4 imants de ferrita i un de neodimi (ja que aquest és molt car). Mitjançant caragols, femelles, i volanderes, en vaig aferrar als radis dos de ferrita i un de neodimi, amb una posició equidistant (fig. 25 i fig. 26). Vaig escollir la roda posterior, ja que per fer-la girar podia utilitzar els pedals i no ho havia de fer manualment, com en la roda davantera.



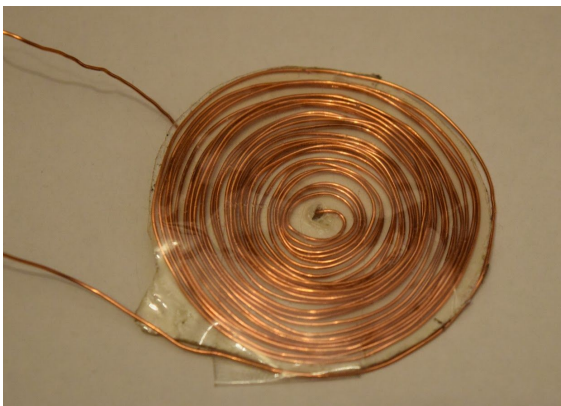
*Fig. 25. Imants aferrats als radis*



*Fig. 26. Pla detall d'un imant de ferrita*

Per fer-me una idea de com elaborar la bobina, i veure d'una manera senzilla i pràctica quin voltatge obtindria, vaig començar per enrotllar fil de coure esmaltat de 0,3 mm en forma aplanada d'espíral sobre un paper adhesiu i recobrint-lo amb cel·lo (fig. 27).

El meu propòsit era que cada cop que acostés una bobina, mitjançant l'oscil·loscopi podria comprovar els volts de pic proporcionats, i amb el polímetre la resistència neta obtinguda.



*Fig. 27. Fil de coure en forma d'espíral*

## RESULTATS PROVA 0

**Fil:** 0,3 mm

**Voltes:** 25

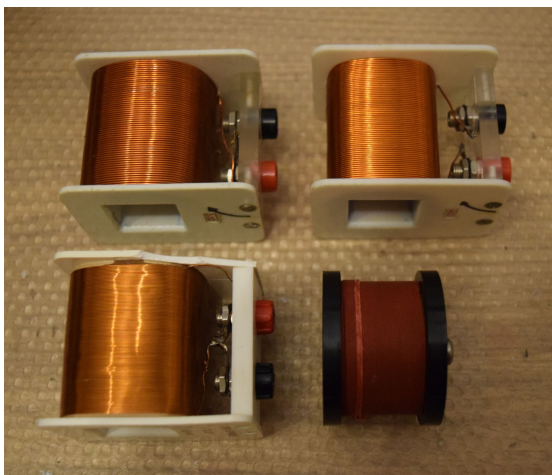
**Tensió de pic:** 0,1 V

**Resistència:** 0,2  $\Omega$

Com que la tensió induïda és directament proporcional al camp magnètic i les espines, d'aquestes dades vaig fer una estimació que per obtenir uns 10 V de pic, hauria d'incrementar x100 el nombre d'espines, és a dir, 2500 voltes.

A la pràctica, aquest nombre d'espines és impossible de construir amb aquesta figura en forma d'espirall. Per això vaig donar pas a la idea de fer múltiples espines en forma de solenoide, gràcies a unes bobines utilitzades per ensenyar als alumnes el funcionament del camp magnètic que em va proporcionar el meu tutor (fig. 28).

També vaig poder comprovar que l'imant de neodimi, clarament sent més potent, proporcionava 3/2 més de tensió de pic que els de ferrita. A partir d'aquí, totes les proves les faria amb imants de neodimi, per obtenir els millors resultats.



*Fig. 28. Bobines*

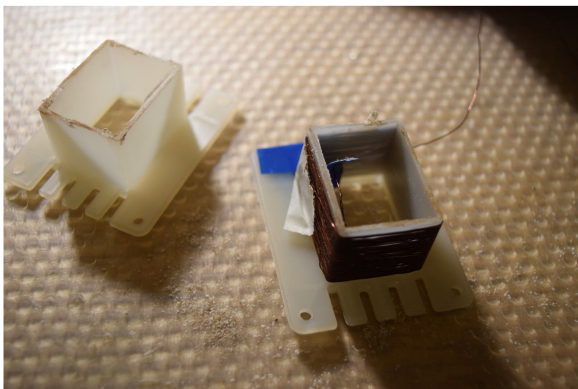
## 5.2. Prova 1

Vaig comprar un nucli de ferrita en forma de E, utilitzat per fabricar transformadors. La ferrita, tot i no estar imantada, és conductora del flux magnètic.

Com que el carret estava dissenyat per fabricar transformadors, el vaig reduir, tallant-lo per la meitat amb una serra i enganxant l'extrem del carret una altra vegada (fig. 29).

En el carret amb la ferrita vaig comprovar la tensió que donarien 2 espises: 0,010 V de pic.

Amb una regla de 3 vaig calcular que necessitaria unes 2000 espises per obtenir 10 V de tensió en buit, ja que un cop aplicada la càrrega, es reduiria als 5V necessaris per carregar el mòbil. Aquesta diferència de potencial és la que es perd per efecte Joule a la resistència del bobinat i al circuit electrònic regulador.



*Fig. 29. Carret tallat per la meitat*

Utilitzant la fórmula de la resistència, podia calcular la **resistència teòrica** de les bobines, i verificar-la:

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

Per obtenir la longitud aproximada, vaig mesurar el radi del gruix de la bobina (valor mig, ja que les voltes interiors no tenen la mateixa longitud que les exteriors), multiplicat per  $2\pi$  i per el nombre d'espises.

La resistivitat elèctrica del coure és  $1,71 \cdot 10^{-8}$ .

Per trobar la secció del fil, vaig utilitzar l'equació  $\pi(r)^2$ , sent r el radi del fil de coure.

Dades:

- Radi de la bobina: 0,02 m
- Radi del fil: 0,00015 m
- Nombre d'espines: 1000

Aplicació de la formula:

$$R = 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,02 \cdot 2\pi \cdot 1000}{\pi (0,00015)^2} = 30,4 \Omega$$

## RESULTATS PROVA 1

**Fil:** 0,3 mm

**Voltes:** 1000

**Tensió de pic:** 5 V

**Resistència:** 30  $\Omega$

Vaig enrotllar fil de coure de 0,3 mm però era massa gran i només donava per 1000 espines.

Apropant-la manualment als imants mentre la roda girava, aquesta mostrava una tensió de 5 V de pic en l'oscil·loscopi, i una resistència de 30  $\Omega$  mesurada amb el polímetre.

El fil de 0,3 mm era massa gruixut per donar les espines desitjades al carret, en necessitava el doble perquè fos teòricament efectiu.

### 5.3. Prova 2

Com que en la prova 1 el fil de coure era massa gruixut, vaig provar amb un fil més prim de 0,1 mm. Vaig desenrotllar el fil de 0,3 mm i vaig enrotllar 5000 espines del de 0,1 mm en el mateix carret.

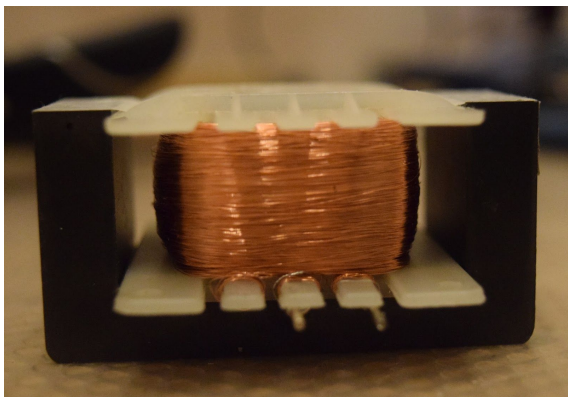


Fig. 30. Bobina de fil de coure de 0,1 mm

#### Càlcul de resistència teòrica

Dades:

- Radi de la bobina: 0,02 m
- Radi del fil: 0,00005 m
- Nombre d'espines: 5000

Aplicació de la formula:

$$R = 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,02 \cdot 2\pi \cdot 5000}{\pi (0,00005)^2} = 1368 \Omega$$

#### RESULTATS PROVA 2

**Fil:** 0,1 mm

**Voltes:** 5000

**Tensió de pic:** 14 V

**Resistència:** 1.360  $\Omega$

Amb cinta de carrosser vaig aferrar el solenoide a la bicicleta (fig. 31), i donant voltes als pedals, vaig comprovar que donava 14 V de pic a l'oscil·loscopi, la tensió desitjada.

Tot i tenir una tensió alta en buit, aquesta bobina també proporcionava una resistència massa alta de  $1.360\Omega$ , a causa de la petita secció del fil, fent-la per tant, inviable.

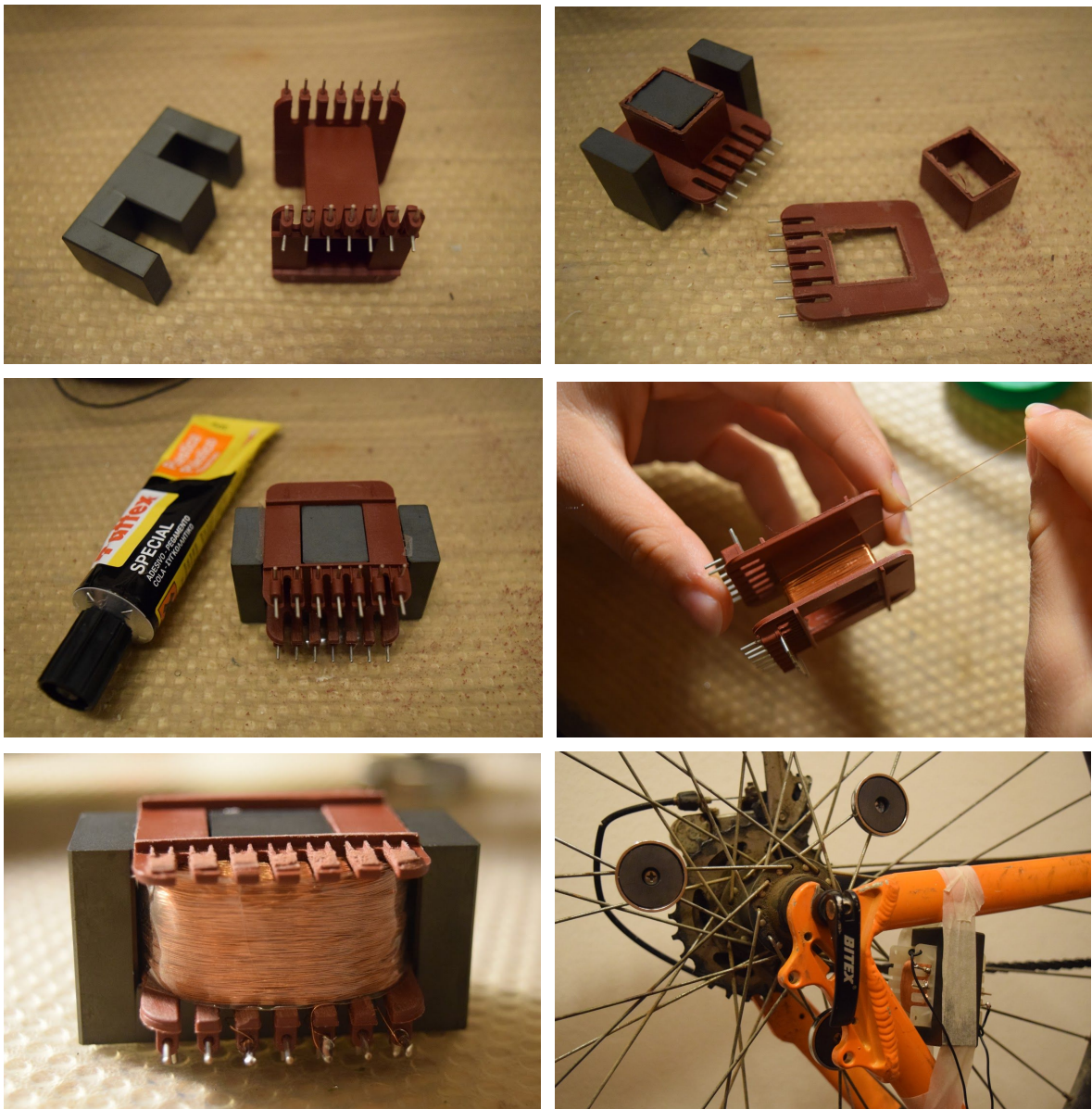


*Fig. 31. Bobina prova 2  
aferrada a la bicicleta*

### 5.4. Prova 3

Vaig comprar un altre carret una mica més petit (l'espai és un factor important a l'hora del muntatge a la bicicleta) i vaig fer el mateix procediment de reducció del carret com en el de les proves 1 i 2 (figs. 32).

Aquest cop vaig utilitzar un fil de 0,2 mm que donava per 1850 voltes. En sobrar espai, vaig afegir-n'hi 650 voltes d'un altre fil esmaltat d'una petita bobina del mateix gruix, arribant a les 2500 voltes.



*Figs. 32. Procediment de reducció del carret (prova 3)*

## Càlcul de resistència teòrica

Dades:

- Radi de la bobina: 0,01 m
- Radi del fil: 0,0001 m
- Nombre d'espines: 2500

Aplicació de la formula:

$$R = 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,01 \cdot 2\pi \cdot 2500}{\pi (0,0001)^2} = 85,5 \Omega$$

## RESULTATS PROVA 3

**Fil:** 0,2 mm

**Voltes:** 2500

**Tensió de pic:** 7 V

**Resistència:** 180  $\Omega$

Aquesta també proporcionava una resistència massa alta en proporció al poc voltatge.

## 5.5. Conclusions de les proves 1, 2 i 3

Després d'aquestes proves vaig elaborar un llistat de conceptes clau a tenir en compte a l'hora de fabricar la bobina:

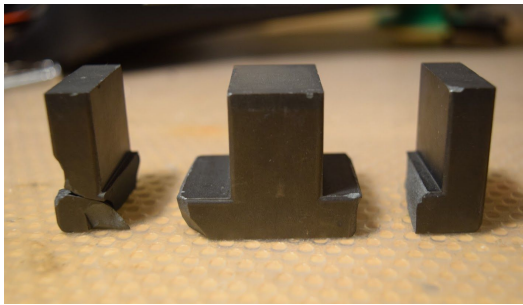
- Com més gruix de fil, menys resistència, però menys capacitat d'espines, per tant, més volum ocupat en el solenoide.  
Com més prim sigui el fil, més resistència, però permet més espines en el mateix espai.
- La manera en què s'enrotlla el fil, determina el gruix final de la bobina. Com més ordenat i pressionat, més capacitat d'espines tindrà.
- La tensió de les bobines ha de ser almenys un 150% superior a 5 V necessaris per carregar el mòbil, degut a la resistència interna del debanat i la caiguda de tensió en el circuit.
- La distància entre imants i bobina ha de ser mínima, ja que a menys distància més intensitat de camp magnètic.
- Els imants de neodimi són unes 3 vegades més potents que els de ferrita.
- Perquè el corrent de càrrega sigui efectiu, la freqüència dels pics ha de ser la més alta possible, és a dir, la velocitat del gir de la roda ha de ser elevada o la distància entre els imants ha de ser el més curta possible.

A partir d'aquestes conclusions, vaig deduir que la millor opció era la prova número 1, però havia que resoldre un inconvenient, l'espai.

## 5.6. Prova 4

Per resoldre l'inconvenient de l'espai, se'm va acudir la idea de tallar els extrems de la ferrita amb forma de E (fig. 33), per així poder encaixar el carret amb les màximes espires possibles.

En ser un material més aviat fràgil, la vaig trencar amb un cop de martell, sense donar importància a l'acabament de les vores, ja que és un factor que no influeix en la conducció del flux magnètic.



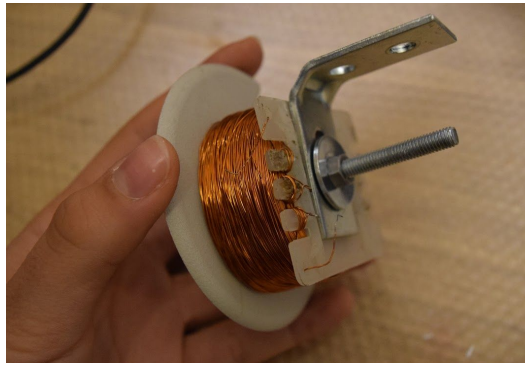
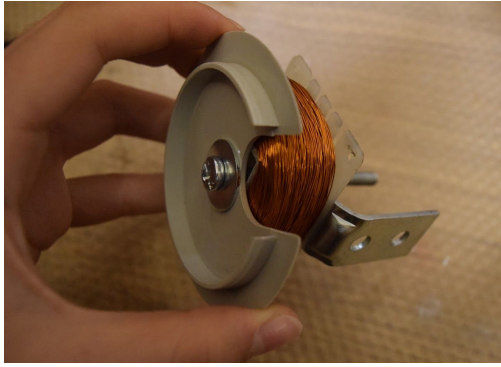
*Fig. 32. Ferrita sense extrems*

Vaig desenrotllar novament el primer carret que encara contenia el fil de 0,1 mm i vaig enrotllar-ne fil de coure de 0,3 mm.

L'objectiu era donar el màxim de voltes possibles, i per això vaig haver de treure un extrem del carret, que anteriorment havia tallat i enganxat un altre cop, ja que en posar més espires, aquestes pressionaven l'extrem fent que es desenganxés.

Per donar les voltes, com no tenia el suport de l'extrem del carret per evitar que les espires es desenrotllessin, vaig improvisar un artefacte per subjectar el carret a l'hora de fer les voltes (figs. 33).

Aquest invent consistia en un caragol atravessant el carret, subjectant per un costat una tapa de plàstic foradada pel centre, i per l'altre costat un escaire de ferro. Tot això serviria única i exclusivament per enrotllar el fil. Un cop acabat el procés, vaig desmuntar les peces, i per evitar el desenrotllament de les espires, li vaig aplicar una cola.



*Figs. 33. Invent per subjectar el fil de la bobina*

### **Càlcul de la resistència teòrica**

Dades:

- Radi de la bobina: 0,03 m
- Radi del fil: 0,00015 m
- Nombre d'espines: 2150

Aplicació de la fórmula:

$$R = 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,03 \cdot 2\pi \cdot 2150}{\pi (0,00015)^2} = 98,04 \Omega$$

### **RESULTATS**

**Fil:** 0,3 mm

**Voltes:** 2150

**Tensió de pic:** 10 V

**Resistència:** 81Ω

Aquest cop, el nombre d'espines s'acostava més al meu ideal, però creia que en podien cabre més, ja que en fer-ho manualment el fil es veia desordenat i poc pressionat. Havia de resoldre també aquest handicap.

## 5.7. Prova 5

La manera en què s'enrotlla el fil és molt important perquè és proporcional a la capacitat d'espines que se li pot donar. Com més juntes i ordenades, més voltes n'hi podré donar.

Com que manualment és molt difícil de fer, se'm va acudir utilitzar un trepant per fer-les més ràpid i alhora ordenades.

L'únic inconvenient aquesta idea era que l'hora de contar les voltes que es feien a la bobina, anava tan de pressa que era impossible contar-les.

Així és com se'm va ocórrer utilitzar un interruptor de palanca connectat a un ratolí d'ordinador, per contar les voltes a través de la calculadora de l'ordinador.

### Mètode per enrotllar el fil

1. Vaig obrir un vell ratolí per connectar dos cables al pulsador esquerre.

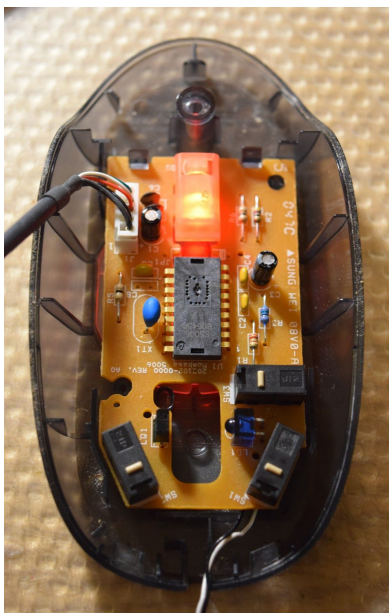


Fig. 34. Ratolí obert

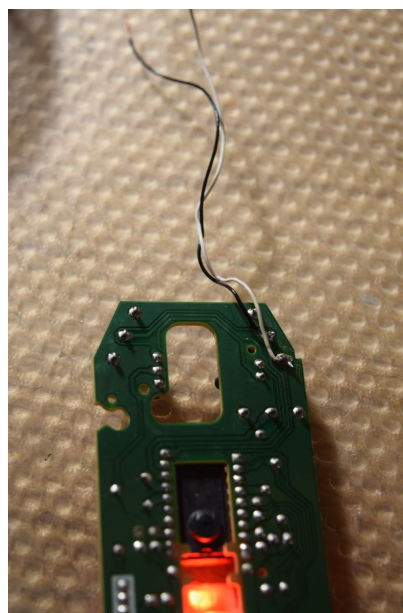
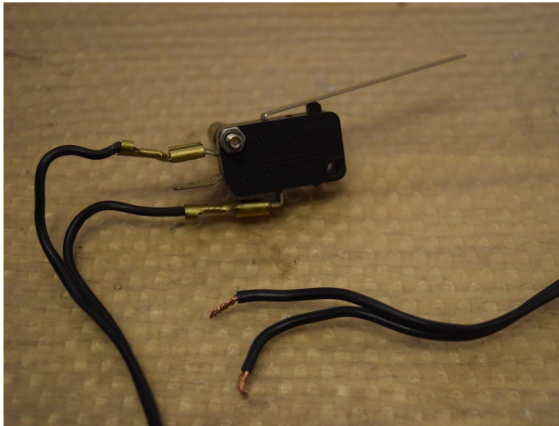


Fig. 35. Cables connectats al pulsador esquerre

2. Aquests cables els vaig unir amb els de l'interruptor, ajudant-me de cinta de carrosser.



*Fig. 36. Interruptor de palanca*



*Fig. 37. Cables del ratolí i interruptor units*

3. Vaig acoblar al portabroques una peça de plàstic amb cinta de carrosser per accionar l'interruptor, cada cop que fes un volta. Aquest estaria acoblat en algun lloc fix.



*Fig. 38. Disposició del trepant per enrotllar el fil*

4. Utilitzant la calculadora de l'ordinador, fent l'operació  $1 + =$ , cada cop que fas clic al botó  $=$ , se suma un número. Per tant, cada cop que l'interruptor fos polsat, és a dir, que la broca completés una volta, aquest connectat amb el ratolí, faria clic al botó  $=$  i sumaria una volta.

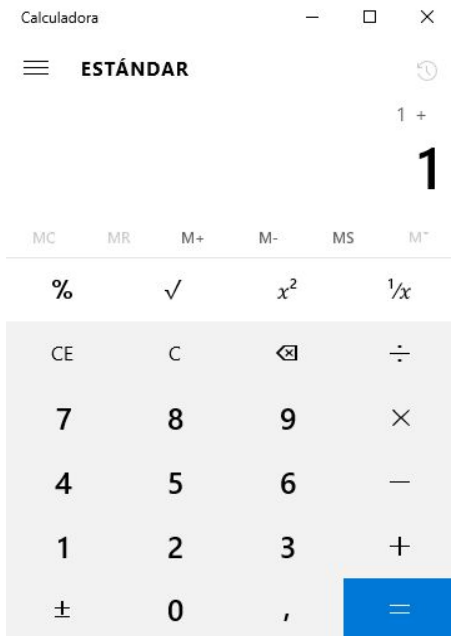


Fig. 39. Operació per contar voltes a la calculadora de l'ordinador

A l'hora de posar aquest nou invent en pràctica, vaig utilitzar el mateix carret i el mateix fil que a la prova 4, per veure si hi hauria diferència entre enrotllar el fil a mà o amb el trepant.



Fig. 40. Enrotllament del fil (prova 5) amb el mètode del trepant



Fig. 41. Bobina prova 5

## **Càlcul de la resistència teòrica**

Dades:

- Radi de la bobina: 0,03 m
- Radi del fil: 0,00015 m
- Nombre d'espines: 3000

Aplicació de la fórmula:

$$R = 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,03 \cdot 2\pi \cdot 3000}{\pi (0,00015)^2} = 136,8 \Omega$$

## **RESULTATS PROVA 5**

**Fil:** 0,3 mm

**Voltes:** 3000

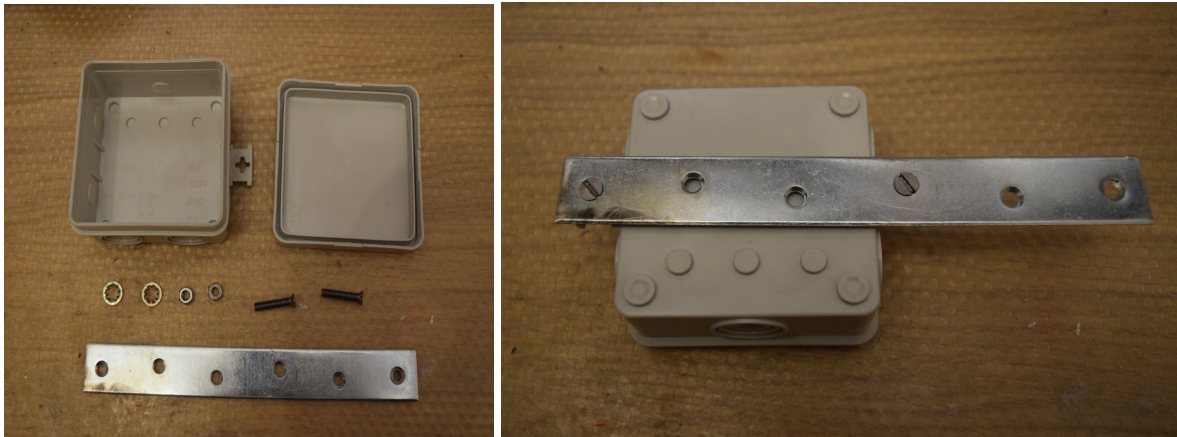
**Tensió de pic:** 12 V

**Resistència:** 123  $\Omega$

Gràcies a aquest mètode, m'hi van cabre 850 espines més. Aquests resultats ja s'acostaven més a les meves hipòtesis, per això vaig voler provar a confeccionar la col·locació de la bobina.

## DISPOSICIÓ DE LA BOBINA (PROVA 5)

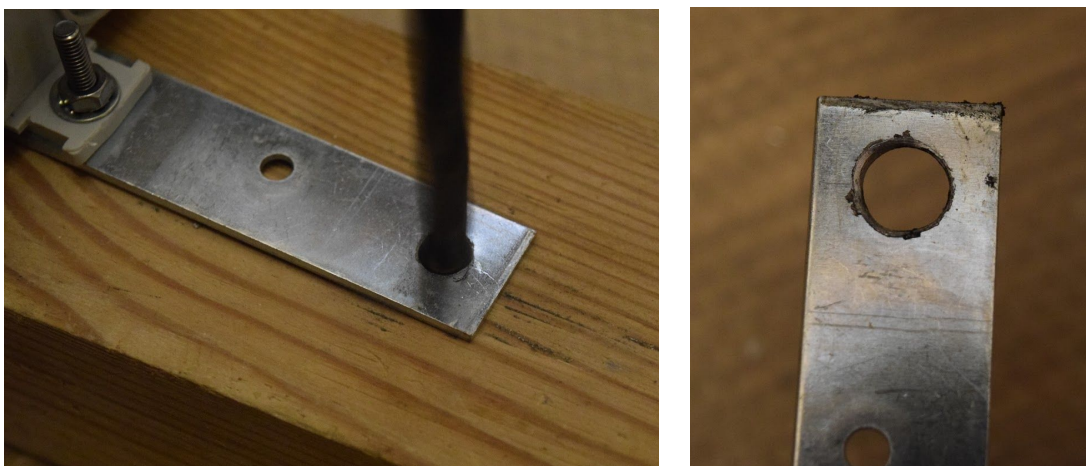
En una ferreteria vaig comprar una caixa on posar la bobina, i en aquesta hi vaig aferrar una platina mecanitzada amb forats, que casualment coincidien amb les orelles de suport de la caixa. Vaig acoblar la platina a la caixa amb caragols i femelles (figs. 42).



*Figs. 42. Muntatge de la caixa*

El forat de l'extrem del ferro serviria per encaixar-lo a l'eix de la roda davantera de la bicicleta. Vaig haver de fer-lo més gran utilitzant un trepant amb una broca de 8mm. Amb una llima rodona de cua de rata, vaig polir el forat fins a la mida exacta a l'eix de la roda (figs. 43).

El motiu pel qual vaig triar la roda davantera és perquè a l'hora de connectar el mòbil, seria més fàcil si el volgués subjectar al manillar amb un suport.



*Figs. 43. Forat de la platina de la mida de l'eix de la roda*

Vaig donar forma a la platina doblegant-la en forma de z, perquè la caixa quedés el més arran possible dels imants (fig. 44).



*Fig. 44. Caixa encaixada a l'eix de la roda.*

Aquest muntatge no va ser efectiu, ja que no donava suficient tensió perquè la freqüència era molt baixa i el senyal oscil·lava molt.

A més, en passar l'imant per la bobina, aquest feia massa força i doblegava la platina de ferro, que era massa flexible, fent que s'enganxés la caixa amb l'imant.

## 5.8. Prova 6 (Prototip definitiu)

Com que una sola bobina no donava suficient voltatge (tenint en compte la caiguda de tensió del circuit), vaig pensar a disposar 3 bobines, amb els tres imants. Així la freqüència seria més alta i sumant les tensions de cada bobina, obtindria la tensió mínima necessària.

Vaig provar amb xocs de ferrita per a cables, que s'utilitzen com a filtre antiparàsits (fig. 45). Els vaig ajuntar amb cel·lo, i amb el mètode del trepant (i un caragol i unes volanderes per subjectar-lo) vaig donar 2100 voltes amb fil de 0,3 mm (fig. 46).

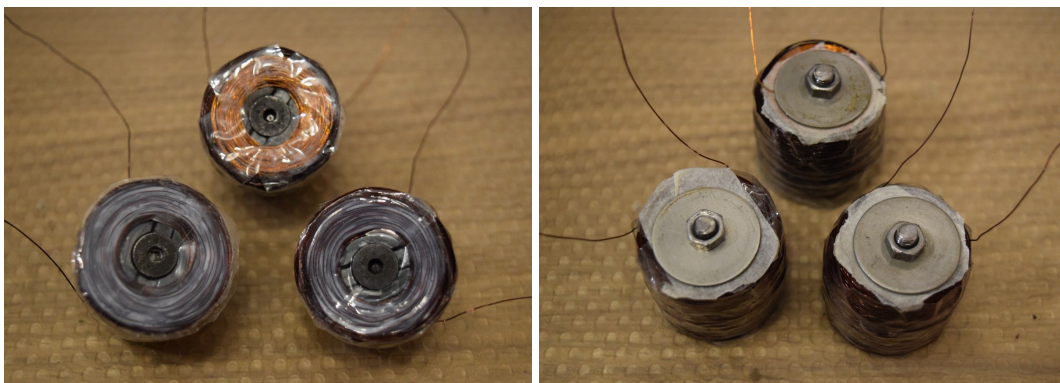


*Fig. 45. Xocs de ferrita*



*Fig. 46. Bobina de fil de 0,3 mm (prova 6)*

En acabar vaig fixar-les amb cel·lo i cola perquè no es desfessin les espirs.



*Figs. 47. Les 3 bobines de la prova 6*

## Càlcul de la resistència teòrica

Dades:

- Radi de la bobina: 0,014 m
- Radi del fil: 0,00015 m
- Nombre d'espines: 2100

Aplicació de la fórmula:

$$R = 1,71 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{0,014 \cdot 2\pi \cdot 2100}{\pi (0,00015)^2} = 44,7 \Omega$$

## RESULTATS PROVA 6

**Fil:** 0,3 mm

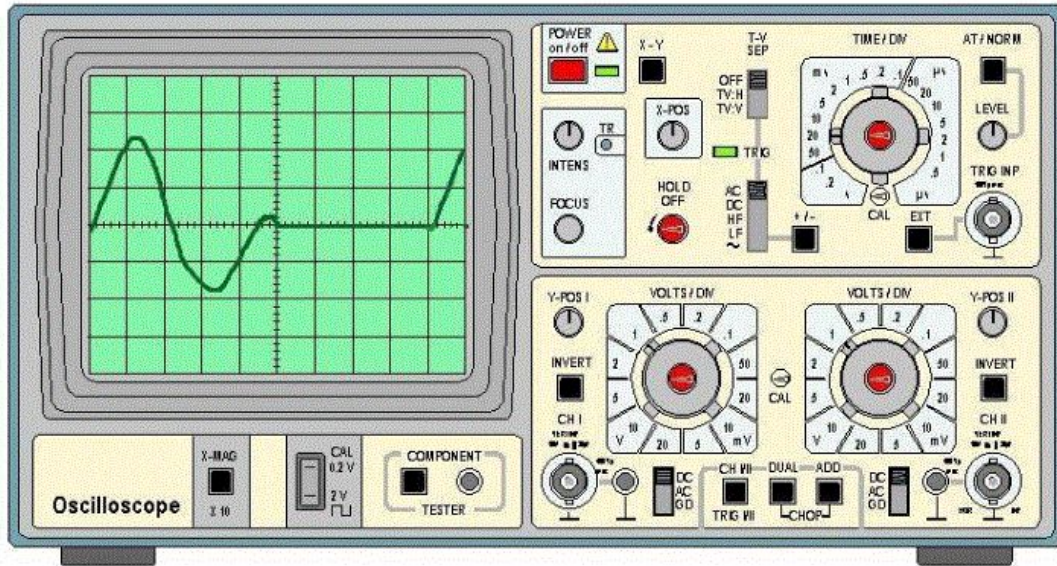
**Voltes:** 2100

**Tensió de pic:** 4 V

**Resistència:** 44  $\Omega$

Cada bobina donava 4 V de pic i una resistència de 44  $\Omega$ . Ajuntant les 3 bobines obtindriem uns 12 V. Per tant, podia procedir a dur a terme els següents passos.

Forma del senyal vist en l'oscil·loscopi amb una base de temps ajustada a 20ms/divisió i voltatge de 2V/divisió, d'una sola boina i en buit (sense càrrega):



Després de comprovar-ho en buit, vaig procedir a aplicar-li una càrrega resistiva de 10  $\Omega$  per veure quin resultat obtindria amb circulació de corrent.

El circuit equivalent és el següent:

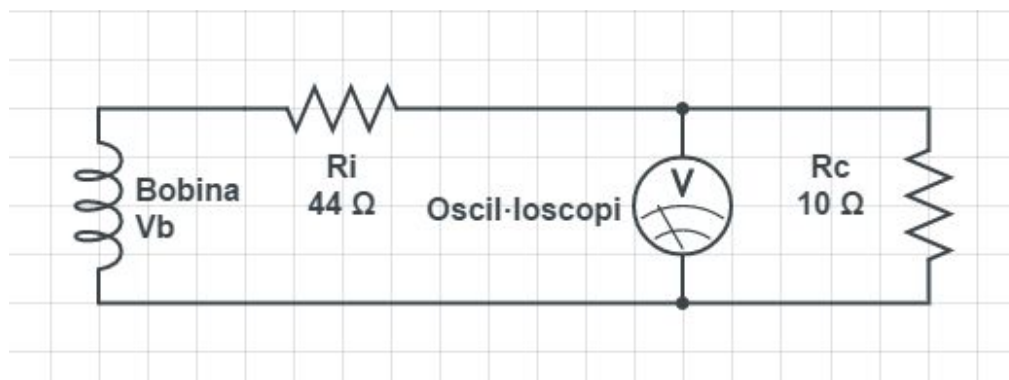


Fig. 48. Esquema del circuit de prova amb càrrega

En aquest esquema s'aprecia la tensió de la bobina ( $V_b$ ), la resistència interna coneguda ( $R_i = 44 \Omega$ ) i la resistència de càrrega ( $R_c = 10 \Omega$ ). Vaig utilitzar l'oscil·loscopi per veure la forma d'ona.

En girar la roda a una velocitat de 10 Hz (10 vegades per segon), vaig mesurar una tensió de pic en l'oscil·loscopi de  $V_c = 1$  V, és a dir, la caiguda de tensió en la  $R_c$ .

Amb la llei d'Ohm podem obtenir la intensitat que circula per la resistència

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ A}$$

Per tant, la caiguda de tensió a la resistència interna de la bobina serà igual a:

$$V_{Ri} = I \cdot R_i = 0,1 \cdot 44 = 4,4 \text{ V}$$

Es pot deduir que la tensió total de pic a 10 Hz dona:  $1 + 4,4 = 5,4$  V

### **Càlcul teòric del període**

$$\text{Període: } T = \frac{1}{f}$$

$$\text{Freqüència: } f = \frac{\text{voltes}}{\text{segon}} \text{ (Hz)}$$

Una volta de pedal en un segon amb plat mitjà (34 dents) i pinyó mig (20 dents), implica una relació 1,7:1, això vol dir que en una volta de pedal, la roda gira 1,7 cops per segon.

Distància recorreguda per la bicicleta en una volta de pedal:

$$R_{\text{roda}} = 0,32 \text{ m}$$

$$\text{Velocitat angular: } \omega = \frac{\theta}{t} = f \cdot 2\pi \text{ rad} = 1,7 \cdot 2\pi = 10,68 \text{ rad/s}$$

$$\text{Velocitat linial: } v = \omega \cdot R_{\text{roda}} = 3,417 \text{ m/s} = 12,3 \text{ km/h}$$

Però el que interessa és esbrinar el període que hi ha al pas de la bobina per cadascun dels tres imants:

$$R_{\text{imants}} = 0,045 \text{ m}$$

$$\text{Velocitat angular: } \omega = \frac{\theta}{t} = f \cdot 2\pi \text{ rad} = 10,68 \text{ rad/s}$$

Velocitat linial:  $v = \omega \cdot R_{\text{imants}} = 0,48 \text{ m/s}$

La distància entre imants és:  $d = \frac{2\pi \cdot R_{\text{imants}}}{3} = 0,094 \text{ m}$

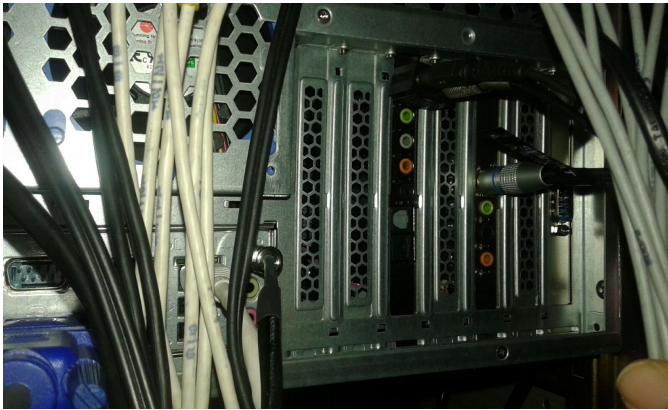
Per tant, la freqüència:  $f = \frac{v}{d} = 5,1 \text{ Hz}$

$T = 0.195\text{s}$ , que és el resultat que observem a l'oscil·loscopi.

## DISPOSICIÓ DE LES BOBINES (PROVA 6)

La disposició de les bobines hauria de ser equidistant, unides per un eix fix al radi de la bicicleta, i a la mínima distància dels tres imants de neodimi.

Per assegurar-me que les bobines i els imants es trobessin en la mateixa posició en girar la roda, vaig utilitzar unes xapes que tapen els slots lliures d'una torre d'ordinador (figs. 49), per unir els tres imants (amb caragols, femelles i volanderes) (fig. 50).



*Figs. 49. Xapes de torre d'ordinador*



*Fig. 50. Imants units als radis amb xapes*

Doblegant unes altres a la mida de les bobines (fig. 51) i fent un forat a l'extrem com la mida de l'eix, els vaig disposar de manera que cada tub coincidís amb un imant (fig. 52).



*Fig. 51. Xapa doblegada a mida*



*Fig. 52. Disposició de les xapes*

Per aportar més fermesa a les xapes (ja que són molt mal·leables), vaig unir unes platines més gruixudes (utilitzades per la caixa de la prova 6) amb la mateixa disposició de triangle que els imants, amb caragols, femelles i volanderes (fig. 53).

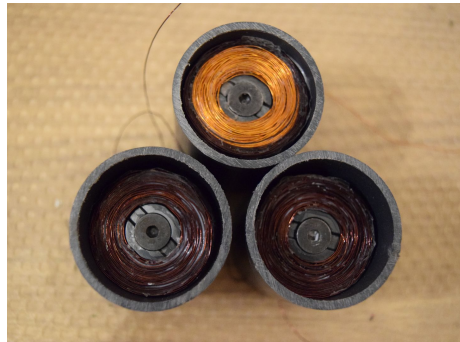


*Fig. 53. Reforç de platines*

Les bobines estarien dins d'un tub de PVC de 40mm de diàmetre (fig. 54), en el qual hi caben perfectament. Utilitzant la mesura aproximada de la bobina (4,5 cm) vaig tallar 3 parts del tub iguals.

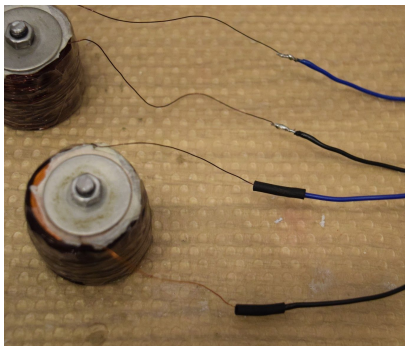


*Fig. 54. Tub de PVC*



*Fig. 55. Bobines dins dels tubs*

Els extrems del fil els vaig soldar amb cables, negres (entrada) i blaus (sortida).

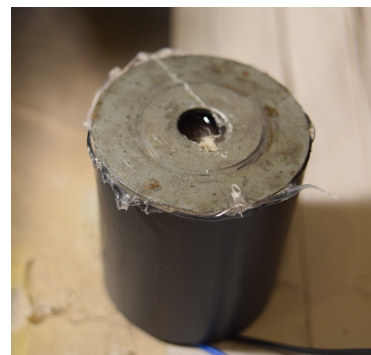


*Fig. 56. Fils soldats amb cables*

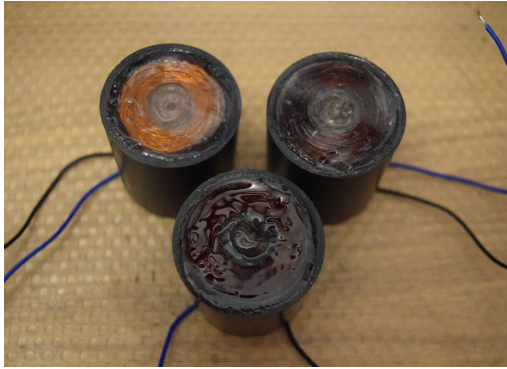
Els extrems del tub els vaig acabar amb cola tèrmica per protegir-los de la humitat i perquè la bobina quedés agafada a dins. Amb l'ajuda d'una volandera de ferro vaig aplanar la cola, i amb un cúter vaig tallar els sobrants.



*Fig. 57. Aplicació de la cola a una bobina*

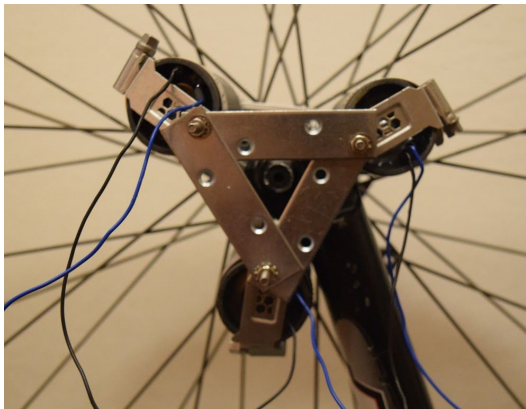


*Fig. 58. Volandera aplanant la cola*



*Fig. 59. Resultat de l'aplicació de la cola tèrmica a les bobines*

Un cop acabat el recobriments de les bobines, les vaig encaixar en el seu lloc, amb l'ajuda d'unes abraçadores de fontaneria (fig. 61)



*Fig. 60. Bobines col·locades*



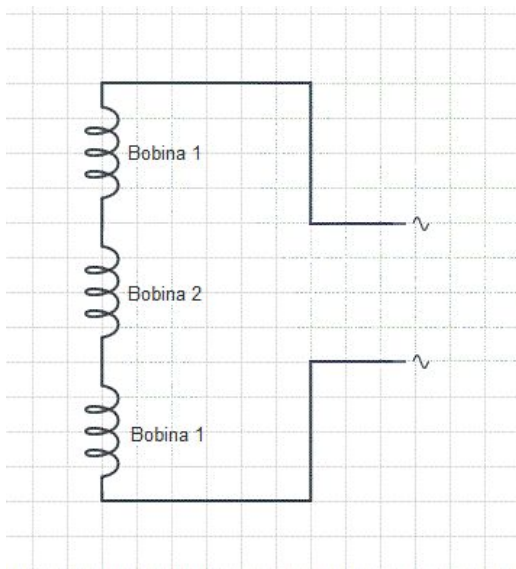
*Fig. 61. Abraçadores per subjectar les bobines*

## CIRCUIT ELÈCTRIC

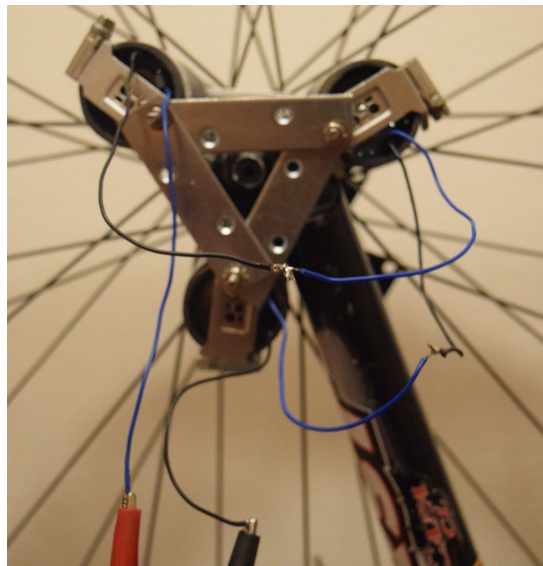
Un cop vaig tenir les bobines i la seva disposició, vaig donar pas a la construcció del circuit. El primer plantejament era si havia de ser en sèrie o en paral·lel:

### Circuit en sèrie

Unint els extrems oposats de les bobines (blau amb negre), vaig comprovar que amb l'oscil·loscopi donava 11 V de pic (a una velocitat ràpida de la roda i sense càrrega).



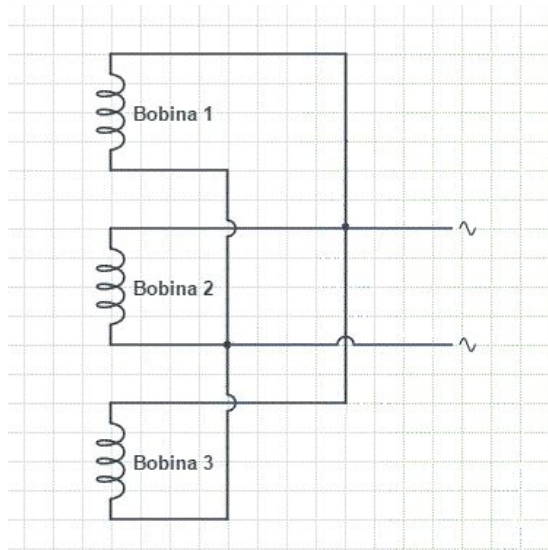
*Fig. 62. Esquema del circuit en sèrie*



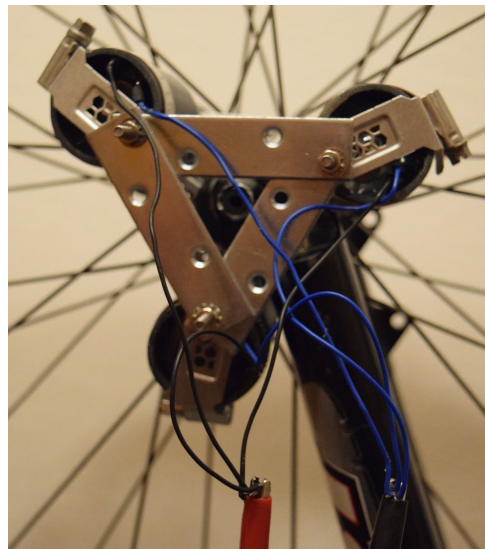
*Fig. 63. Cables soldats en sèrie*

## Circuit en paral·lel

Unint els cables blaus entre sí i els negres també, donava uns 4 V de pic, sense càrrega,



*Fig. 64. Esquema del circuit en paral·lel*



*Fig. 65. Cables soldats en paral·lel*

Això és degut a que en el circuit en sèrie, el voltatge se suma, és a dir, se sumen els 4 V aproximats de cada bobina, i donen uns 11 V. En canvi, en el circuit en paral·lel el voltatge és el mateix, per això obtenim 4 V de tensió total.

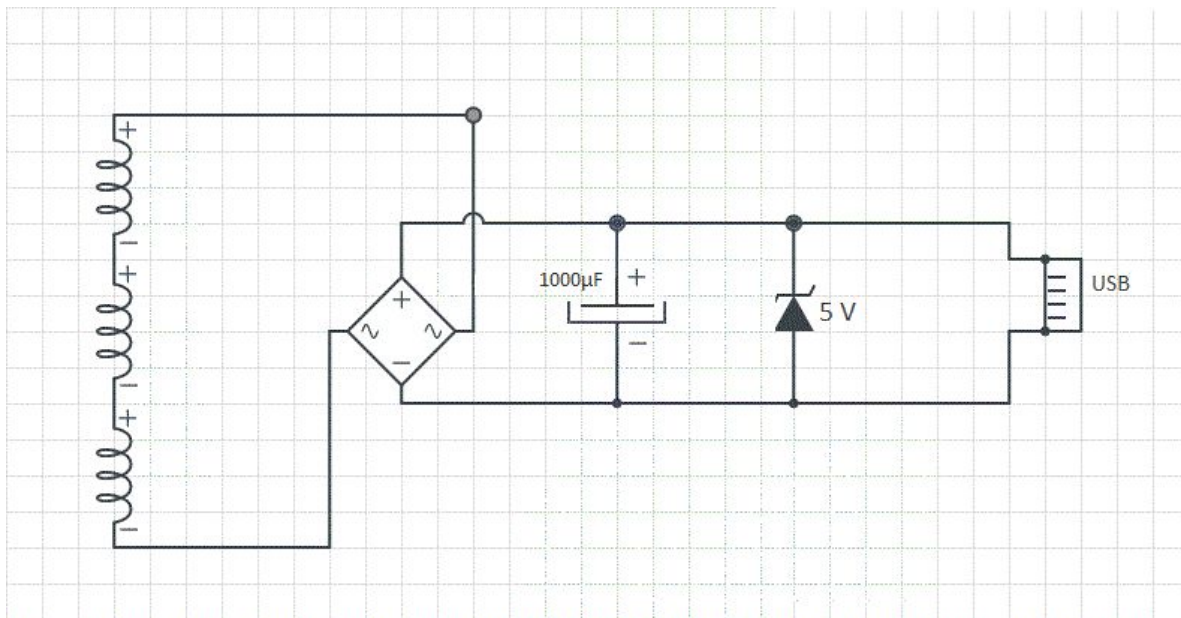
Per a completar el circuit, necessitava:

- Convertir el corrent altern que sortia de les bobines, en corrent continu amb un pont de diodes.
- Filtrar els pics de corrent amb un condensador electrolític.
- Estabilitzar-lo a 5 V , que és el que necessita un mòbil, amb un regulador de tensió.
- Un port USB per connectar el carregador del mòbil.

Vaig descartar l'opció de la bateria perquè augmentava el preu del projecte i el pes, tot i que amb la bateria tindria l'avantatge de poder carregar el mòbil encara que la bicicleta estigués aturada.

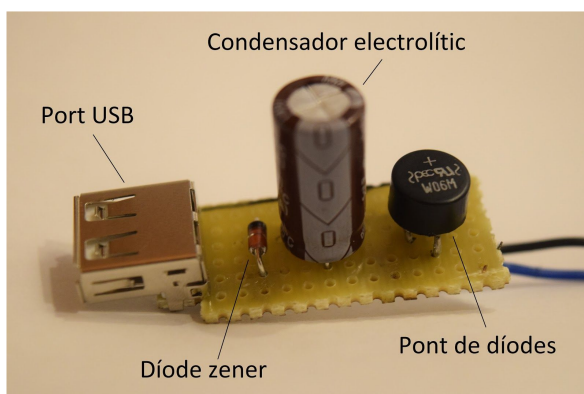
Com a regulador de tensió vaig escollir un díode zener, ja que necessita menys tensió d'entrada per a poder funcionar, i la que tenia no era molt alta. Com es pot veure als resultats de la pàg. 48 aplicant-hi una càrrega de  $10\ \Omega$ , obtindria una tensió d'1 V i 0,1 A (clarament insuficient per al meu propòsit). Per tant, per obtenir 1,7 V a cada bobina (5,1 V en total), hauria de baixar el corrent de càrrega a 0,052 A.

Mitjançant l'aplicació de google "circuitlab" vaig crear el model del meu circuit:

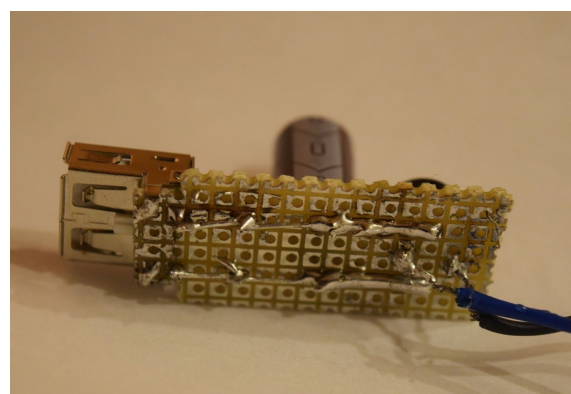


*Fig. 66. Esquema del circuit del prototip final*

El vaig plasmar en una placa de circuit imprès, soldant els components amb estany.



*Fig. 67 a. Components circuit*

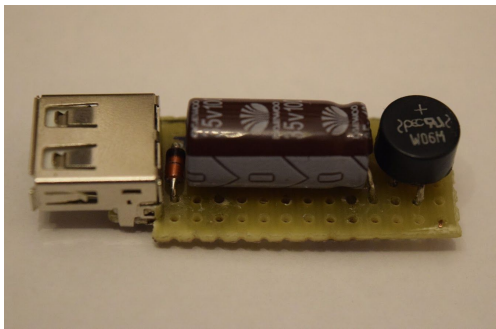


*Fig. 67 b. Soldadura circuit*

Un cop units el circuit i les bobines vaig endollar el meu telèfon i vaig girar la roda de la bicicleta a una velocitat considerable, conseguint així, carregar-lo.

El meu objectiu estava assolit, però encara em faltava trobar un lloc on col·locar el circuit, tenint en compte que no podia estar al descobert.

Com que el condensador ocupava massa, el vaig tornar a disposar de manera que quedés en horitzontal, i així ocupar menys espai, per poder recobrir-lo amb un macarró termoretràctil.



*Fig. 68. Recol·locació del circuit*



*Fig. 69. Circuit envoltat amb macarró termoretràctil*

Per acabar, vaig fixar l'extrem del macarró amb cola tèrmica, i el vaig disposar, mitjançant una brida, sobre les platines. També vaig utilitzar brides per retenir els cables i que no ballessin.



*Fig. 70. Col·locació final del prototip*

**\*Inconvenient:**

Vaig connectar un telèfon de marca *Samsung* i sí que funcionava, en canvi, amb un de marca *Apple* no conseguia que carregués.

**\*Solució:**

Vaig informar-me a internet del per què es donava aquest fet:

L'iphone té un sistema de càrrega intel·ligent que detecta quin tipus de carregador és, i si és compatible o no. Per això fa servir els connectors centrals de l'USB (cosa que altres smartphones no tenen en compte). Entre ells ha d'haver un determinat voltatge que es pot aconseguir posant unes resistències tal i com explica l'article de "*El misterio de los cargadores de Apple*" del fòrum *Tuenti*.

Finalment, consultant altres fonts, vaig comprovar que fent un pont entre els dos connectors centrals (D+ i D-), donava un resultat positiu, conseguint així carregar el meu iphone.

## 6. Conclusions

Tot i aconseguir el meu objectiu, la potència necessària per carregar un mòbil no està del tot garantida amb aquest mètode, ja que depèn de diversos factors com la velocitat de la roda i la intensitat del camp magnètic, és a dir, la proximitat de les bobines als imants.

El sistema d'inducció magnètica, sense fregament, és poc eficient, donat que requereix un camp magnètic tan pròxim que fa molt difícil la seva construcció, almenys amb mètodes casolans, que donen un aspecte molt voluminós.

En canvi, aquest sistema sí que seria viable per un sistema d'il·luminació per led, que requereix menys intensitat de corrent (amb 10mA un led d'alta eficiència ja dona prou llum).

El cost estimat de la fabricació està valorat en 48 €, sense tenir en compte el material que ja disposava, i depenent de la qualitat dels productes.

Així doncs, la conclusió final és que sí que he aconseguit fabricar un aparell alternatiu a la dinamo, però aquest és millorable en els aspectes econòmics i de rendiment.

## 7. Agraïments

En primer lloc vull agrair al meu tutor, Xavi Moya, per ajudar-me a encaminar millor la meua línia de recerca, proporcionar-me material i donar-me consells de millora.

També vull donar les gràcies a la meua família pel seu suport, paciència i per les converses a partir de les quals van sorgir moltes idees; i en especial al meu pare per ensenyar-me conceptes d'electrònica, i per ajudar-me en la recerca del material.

Per últim, al meu germà, per deixar-me utilitzar la seva bicicleta com a objecte de proves. Es pot dir que sense ell, aquest treball no hagués estat possible.

## 8. Fonts d'informació

### 8.1. Bibliografia

- Garrido, A., Gómez, J.L., Banal, M., Comabella, R., López, J., Centelles, S.. (2009). Física 2n de batxillerat. Barcelona: Edebé.
- Garrido, A., Gómez, J.L., Banal, M., Comabella, R., López, J., Centelles, S.. (2009). Física 1r de batxillerat. Barcelona: Edebé.
- Malvino, Albert Paul; Bates, David J.. (2007). Principios de electrónica. ESPAÑA: McGraw-Hill.

### 8.2. Webgrafia

- Institut Bellvitge. (2011). Lleis de Kirchhoff, de TECNO BLOC Sitio web:  
<http://www.tecnobloc.com/lleis-de-kirchoff/>
- Franco García, A. (2010). Autoinducción. Circuito R-L, de Física con ordenador Curso Interactivo de Física en Internet Sitio web:  
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/electromagnet/induccin/autoinduccin/autoinduccin.htm>
- Preguntas más frecuentes: ¿Debo comprar un imán de neodimio o un imán de ferrita?, de Supermagnete Sitio web:  
<https://www.supermagnete.es/faq/Debo-comprar-un-iman-de-neodimio-o-un-iman-de-ferrita#propiedades-del-neodimio-y-la-ferrita>
- (2014). El Misterio de los Cargadores de Apple, de Tuenti Sitio web:  
<https://foro.tuenti.com.ar/threads/933-El-Misterio-de-los-Cargadores-de-Apple#.WEn4YPnhDIV>

- Imatges de Google  
<https://www.google.es/imghp?hl=ca&ei=YvIJWMD5AcS6ao20nKgl&ved=0EKouCAIoAQ>
- [http://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/0801\\_IEA/IEA\\_0801\\_M10/web/html/media/fp\\_ia\\_m10\\_u2\\_pdfindex.pdf](http://ioc.xtec.cat/materials/FP/Materials/0801_IEA/IEA_0801_M10/web/html/media/fp_ia_m10_u2_pdfindex.pdf)

#### VIDEOS:

- Canal de Youtube de "Charly labs":  
<https://www.youtube.com/watch?v=XcGx-wym8sE&t=7s>  
<https://www.youtube.com/watch?v=zgTqmL1G7G8>  
<https://www.youtube.com/watch?v=7jpS3FHmoWU>  
<https://www.youtube.com/watch?v=A3MFVSSyXQA>  
<https://www.youtube.com/watch?v=w5SLKOTF94c&t=9s>

## 9. ANNEX

### **Funcionament de la dinamo de bicicleta**

Les denominades dinamos de bicicleta en realitat són alternadors, ja que consisteixen en un imant, solidari a l'eix de gir, i una bobina estàtica, sense lamel·les, ni escombretes, que rectificuin el corrent. El corrent així produït és altern i no continu.

En les dinamos tradicionals, o d'ampolla, l'extrem de l'eix de la dinamo porta un capçal que es recolza a voluntat en el pneumàtic d'una de les rodes, de manera que en girar la roda, gira al seu torn la dinamo. El sistema és bastant rudimentari i produeix un apreciable fregament que obliga a pedalejar amb força. A causa d'això aquest tipus de dinamos ha anat sent substituït per altres models sense fricció, com la dinamo de caixa o la d'orella. A més, l'aparició de nous mètodes d'il·luminació amb llums de leds i de millors bateries, amb gran potència i autonomia, ha reduït l'ús d'aquestes dinamos en general.



## Taula comparativa de les proves

	Fil	Espires	Voltatge de pic (oscil·loscopi)	Resistència (polímetre)	Nucli
<b>Prova 0</b>	0,4 mm	25	0,12 V	0,2 $\Omega$	-
<b>Prova 1</b>	0,3 mm	1000	5 V	30 $\Omega$	ferrita gran
<b>Prova 2</b>	0,1 mm	5000	14 V	1.360 $\Omega$	ferrita gran
<b>Prova 3</b>	0,2 mm	2500	5 V	180 $\Omega$	ferrita mitjana
<b>Prova 4</b>	0,3 mm	2150	10 V	81 $\Omega$	ferrita tallada
<b>Prova 5</b>	0,3 mm	3000	12 V	123 $\Omega$	ferrita tallada
<b>Prova 6</b>	0,3 mm	2100	4 V	44 $\Omega$	Xocs de ferrita i caragol

## Comparació d'imants

### FERRITA

Els imants de ferrita són els imants més freqüentment fabricats al món. Estan fabricats de ferrita de bari  $BaFe_{12}O_{19}$  o d'estronci ( $SrFe_{12}O_{19}$ ).

### NEODIMI

Un imant de neodimi ( $NdFeB$ ), és actualment el tipus d'imant més usat entre els que pertanyen als imants d'elements de les terres rares. És un imant permanent fabricat d'un aliatge de neodimi, ferro i bor, que té una estructura cristal·lina tetraèdrica. Els imants de neodimi són el tipus més potent d'imant que es pot trobar en el comerç. Han substituït altres tipus d'imants en moltes aplicacions en productes moderns que requereixin imants permanents forts, com són els motors d'eines sense cable elèctric, discs durs dels ordinadors i les fixacions magnètiques.

La pàgina web [supermagnate.com](http://supermagnate.com) estableix una comparativa dels dos imants:

★★★★ = Molt bo  
★★★ = Bo  
★ = Dolent

	Ferrita	Neodimi
Força de subjecció per volum	★	★★★★
Preu	★★★	★
Estabilitat en el preu	★★★★	★
Resistència a la temperatura	★★★★	★
Us en exteriors/corrosió	★★★★	★
Fragilitat	★★★	★
Pèrdua de força de subjecció amb el temps	★★★★	★★★★
Tolerància estàndard	★	★★★★
Intensitat del camp coercitiu	★	★★★★

