

Brouilleur GSM 2G, 3G et Wifi

**Kevin Gschwind
Bocquet Thomas
Gilbert Arthur
Heim Tom**

RT2A

2020/2021



- Indiquez les fréquences exploitées pour la 2G, 3G et 4G :
 2G : 900 Mhz et 1800 Mhz
 3G : la première bande utilisée fut le 2 100 MHz. Puis dans un deuxième temps, les opérateurs ont eu l'autorisation de réutiliser le 900 MHz, prévu à l'origine uniquement pour la 2G.
 4G : Pour le LTE (Long Term Evolution), appelée 4G, deux nouvelles bandes de fréquences ont été délivrées : le 2 600 MHz et le 800 MHz.



Technologie	4G	4G	2G et 3G	2G et 4G	3G	4G	TOTAL
Fréquences	700 MHz	800 MHz	900 MHz	1 800 MHz	2 100 MHz	2 600 MHz	
	5	10	10	20	15	15	75
	10	0	5	15	5	20	55
	10	10	10	20	20	20	90
	5	10	10	20	20	15	80
Largeur de fréquence disponible	30	30	35	75	60	70	300

- Un brouilleur de téléphone mobile est dispositif de traitement du signal à la même fréquence que celle du GSM et la même puissance. Le brouillage est réussi quand les téléphones mobiles s'arrêtent de recevoir et d'émettre des signaux de données. Ces équipements servent aujourd'hui sont des produits nécessaires à l'usage dans certains milieux comme des hôpitaux ou des prisons.

Nous allons construire un brouilleur qui va opérer sur les fréquences suivantes 2G afin d'empêcher les téléphones portables d'émettre et de recevoir les signaux.

La puissance du brouilleur dépend de quelques facteurs, la proximité des tours, intérieur et extérieur aux bâtiments, humidité et température. Il ne faut pas que le brouilleur soit proche des pacemakers et doit avoir une puissance inférieure à 1W pour éviter un mauvais fonctionnement des appareils environnants.

3.

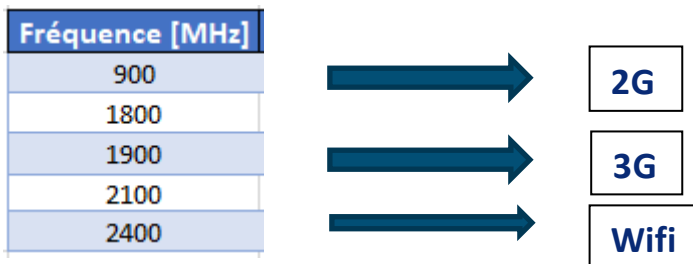
Explication bilan de liaisons

Le bilan de liaison est un calcul par étapes permettant de déterminer la qualité d'une liaison. Les détails varient selon la nature du média, hertzien, ligne, fibre optique, et le type de signaux et de modulation, mais le principe est le même. C'est le calcul global qui relie tous les domaines : radioélectricité, traitement du signal, protocoles, etc.

1^{er} bilan de liaison : entre l'antenne et le téléphone

Afin de calculer la propagation en espace libre (Lp) nous devons passer par quelques calculs intermédiaires.

- Tout d'abord nous avons besoin de connaître les fréquences :



- On détermine différentes distances et on calcule la propagation en espace libre pour les fréquences citées précédemment. Pour cela on utilise la formule ci-dessous :

$$L_{P(\text{espace libre})} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2$$

D → désigne la distance en mètres entre l'antenne et le téléphone.

λ → représente la célérité (3e8) divisée par la fréquence en Hertz : $\lambda = \frac{c}{f}$

Voici un exemple avec une distance de 1000 mètres, il ne faut pas oublier de rajouter « 10log10 » devant notre formule pour linéariser :

D [m]	Fréquence [MHz]	Lp [dB]
1000	900	111,53
	1800	117,55
	1900	118,02
	2100	118,89
	2400	120,05

- On veut ensuite trouver **Pr** qui est la puissance en sortie du récepteur. Pour cela il nous faut les valeurs **Ge** (Gain de l'émetteur), **Le** (pertes de l'émetteur), **Lp** (propagation en espace libre), **Gr** (gain du récepteur), **Lr** (pertes de l'émetteur) et **Pe** (puissance entrée de l'antenne). Cela va donc nous donner ce calcul :

$$\mathbf{Pr[dBm]} = \mathbf{Ge[dB]} - \mathbf{Le[dB]} - \mathbf{Lp[dB]} + \mathbf{Gr[dB]} - \mathbf{Lr[dB]} + \mathbf{Pe[dBm]}$$

On considère que les valeurs sont les suivantes dans notre cas (sauf **Lp** calculé précédemment) :

Pe [dBm]	Ge [dB]	Le [dB]	Gr [dB]	Lr [dB]
42	14	6,5	0	3

On obtient donc un tableau avec les valeurs de **Pr** pour les différentes fréquences et les différentes distances choisies par nous-même :

D1 [m]	Fréquences [MHz]	Lp 1 [dB]	Pr [dBm]
200	900	97,55	-51,05
	1800	103,57	-57,07
	1900	104,04	-57,54
	2100	104,91	-58,41
	2400	106,07	-59,57
500	900	105,51	-59,01
	1800	111,53	-65,03
	1900	112,00	-65,50
	2100	112,87	-66,37
	2400	114,03	-67,53
1000	900	111,53	-65,03
	1800	117,55	-71,05
	1900	118,02	-71,52
	2100	118,89	-72,39
	2400	120,05	-73,55
2000	900	117,55	-71,05
	1800	123,57	-77,07
	1900	124,04	-77,54
	2100	124,91	-78,41
	2400	126,07	-79,57

2^{ème} bilan de liaison : entre le téléphone et le brouilleur GSM

Pour commencer il faut calculer la puissance **P_b** reçue du brouilleur. Pour cela on ajoute 23db à notre puissance **P_r** en sortie du téléphone trouvée dans le bilan numéro 1 :

$$P_b = P_r + 23dB$$

Cet ajout de 23db est nécessaire afin de permettre au brouilleur d'assurer efficacement sa fonction, de prendre en compte la possible marge d'erreur. Tout cela est récapitulé dans ce tableau.

D1 [m]	Fréquences [MHz]	Lp 1 [dB]	Pr [dBm]	Pb [dB] (Pr + 23dB)
200	900	97,55	-51,05	-28,05
	1800	103,57	-57,07	-34,07
	1900	104,04	-57,54	-34,54
	2100	104,91	-58,41	-35,41
	2400	106,07	-59,57	-36,57
500	900	105,51	-59,01	-36,01
	1800	111,53	-65,03	-42,03
	1900	112,00	-65,50	-42,50
	2100	112,87	-66,37	-43,37
	2400	114,03	-67,53	-44,53
1000	900	111,53	-65,03	-42,03
	1800	117,55	-71,05	-48,05
	1900	118,02	-71,52	-48,52
	2100	118,89	-72,39	-49,39
	2400	120,05	-73,55	-50,55
2000	900	117,55	-71,05	-48,05
	1800	123,57	-77,07	-54,07
	1900	124,04	-77,54	-54,54
	2100	124,91	-78,41	-55,41
	2400	126,07	-79,57	-56,57

On peut maintenant calculer le 2^{ème} bilan de liaison. On utilise à nouveau la même formule que pour le 1^{er} bilan sauf que l'on remplace notre puissance **P_e** en entrée d'antenne par la puissance **P_e** en sortie de l'amplificateur « Gali-84+ ».

Le gain **Ge** de l'antenne du brouilleur est de minimum 3db ainsi que 0 perte **Le**.

GSM Specification	
Frequency range	LTE 690~960 / 1710~2170 / 2500~2700 MHz
Radiation	H-360°, V-30°
Polarization	vertical
Gain	3~5 dB
VSWR	< 2.0 : 1
Impedance	50 Ω
Power handling	30 W max.

Il n'y a aucun gain **Gr** en sortie du téléphone mais il y a quand même 3dbm de pertes **Lr**.

Ce qui nous donne ce tableau.

Pe [dBm]	Ge [dB]	Le [dB]	Gr [dB]	Lr [dB]
21,5	3	0	0	3

On décide de prendre la puissance **Pe** typique en sortie de l'amplificateur « Gali-84+ » et non la puissance minimale.

Output Power @1 dB compression	f=0.1 GHz	20.8	21.9
	f=1 GHz	20.4	21.5
	f=2 GHz	20.1	21.2
	f=3 GHz	—	20.9
	f=4 GHz	—	19.2
	f=6 GHz	—	15.5

Ce qui va maintenant nous permettre de calculer la propagation dans l'espace **Lp** entre le téléphone et le brouilleur, valeur que on linéarise ($10^{\frac{Lp}{10}}$).

Linéaire	Lp 2 [dB]
90099,47	49,55
360397,87	55,57
401554,42	56,04
490541,55	56,91
640707,33	58,07
563121,68	57,51
2252486,71	63,53
2509715,13	64,00
3065884,69	64,87
4004420,82	66,03
2252486,71	63,53
9009946,84	69,55
10038860,53	70,02
12263538,76	70,89
16017683,28	72,05
9009946,84	69,55
36039787,38	75,57
40155442,11	76,04
49054155,04	76,91
64070733,12	78,07

Pour finir on se sert de ces valeurs et de la formule pour calculer la propagation en espace libre afin de calculer la distance de brouillage d. On va donc devoir isoler l'inconnue d.

$$L_{P(\text{espace libre})} = \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \Rightarrow \frac{(\lambda \sqrt{L_p})}{4\pi} = d$$

Voici donc le tableau final de ce 2^{ème} bilan de liaison nous montrant la distance d jusqu'à laquelle va émettre le brouilleur. Cette valeur varie en fonction de la fréquence, de la valeur de **Lp** et de la distance entre l'antenne et le téléphone.

D1 [m]	Fréquences [MHz]	Linéaire	Lp 2 [dB]	D2 [m]
200	900	90099,47	49,55	0,796214341
	1800	360397,87	55,57	0,796214341
	1900	401554,42	56,04	0,796214341
	2100	490541,55	56,91	0,796214341
	2400	640707,33	58,07	0,796214341
500	900	563121,68	57,51	1,990535853
	1800	2252486,71	63,53	1,990535853
	1900	2509715,13	64,00	1,990535853
	2100	3065884,69	64,87	1,990535853
	2400	4004420,82	66,03	1,990535853
1000	900	2252486,71	63,53	3,981071706
	1800	9009946,84	69,55	3,981071706
	1900	10038860,53	70,02	3,981071706
	2100	12263538,76	70,89	3,981071706
	2400	16017683,28	72,05	3,981071706
2000	900	9009946,84	69,55	7,962143411
	1800	36039787,38	75,57	7,962143411
	1900	40155442,11	76,04	7,962143411
	2100	49054155,04	76,91	7,962143411
	2400	64070733,12	78,07	7,962143411

Conclusion

Pour conclure on peut dire que la fréquence dans ces 2 bilans de liaison n'intervient pas. Mais par contre plus la distance entre l'antenne et le téléphone est élevé, plus le brouilleur sera efficace. C'est parce que lorsque qu'on s'éloigne de l'antenne la puissance du signal de l'antenne sera plus faible.

5/6. NE555D : Minuteur et produit de support

<https://www.mouser.fr/datasheet/2/389/ne555-955177.pdf>

LM358D : Amplificateur opérationnel

<https://docs.rs-online.com/cc8c/0900766b81712afd.pdf>

ROS-2700-1819 et ROS-1300 : Oscillateur Contrôlé en tension

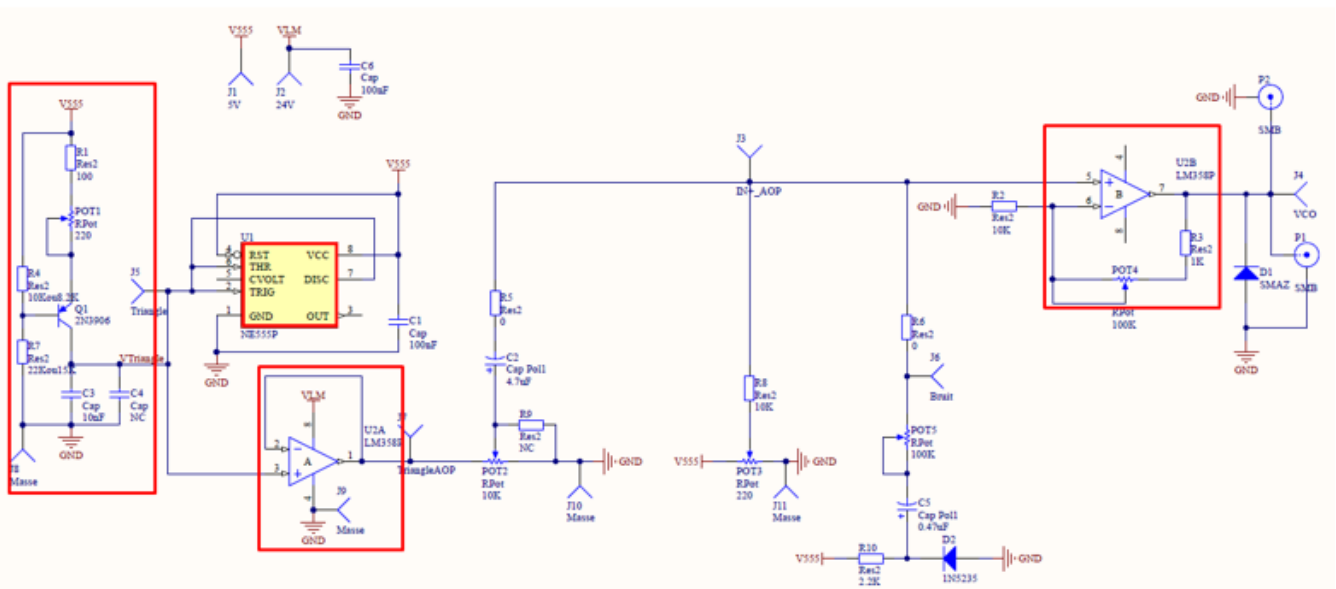
<https://www.minicircuits.com/pdfs/ROS-1300+.pdf>

<https://www.minicircuits.com/pdfs/ROS-2700-1819+.pdf>

GALI-84+ : Amplificateur monolithique

https://www.mouser.co.il/datasheet/2/1030/GALI-84_2b-1700506.pdf

7.



8.

LMC555 : CMOS Timer

Horloge pour le circuit du brouilleur

LM6132 : Amplificateur Opérationnel

Amplificateur électronique qui amplifie fortement une différence de potentiel électrique présente à ses entrées

ROS-2700-1819 et ROS-1300 : Oscillateur commandé en tension

L'oscillateur commandé en tension ou VCO (pour Voltage controlled oscillator) est un oscillateur électronique qui génère un signal périodique dont la fréquence se stabilise en fonction de la tension d'entrée.

GALI-84+ : Amplificateur Monolithique large-bande

Système augmentant la puissance d'un signal électrique. (Monolithique : en un seul bloc)

9.

Oui le GALI 84+ remplit les conditions de bilan de liaison. Grâce à ce dernier on peut alors déterminer les zones de couverture du brouilleur estimé en 2G, 3G et Wifi :

Voici les différentes zones de couvertures pour la 2G, la 3G et le Wifi selon les calculs de notre bilan de liaison

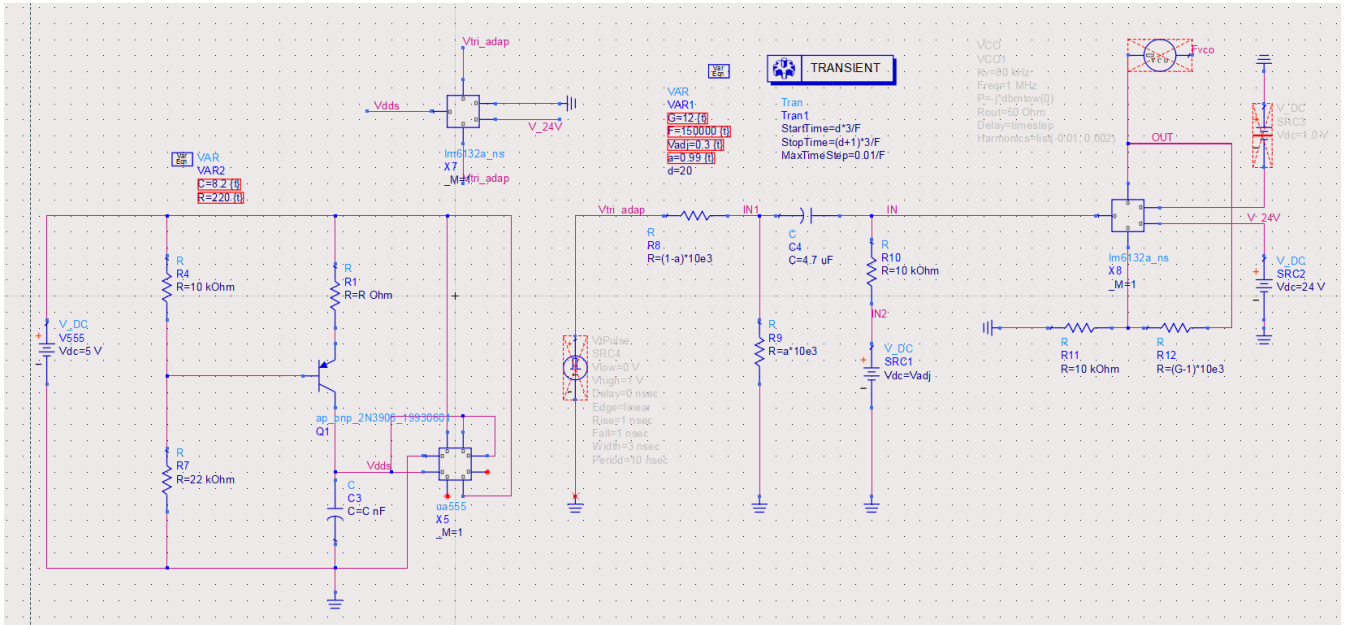
D2 [m]
0,80
0,80
0,80
0,80
0,80
1,99
1,99
1,99
1,99
1,99
3,98
3,98
3,98
3,98
3,98
7,96
7,96
7,96
7,96
7,96

10.

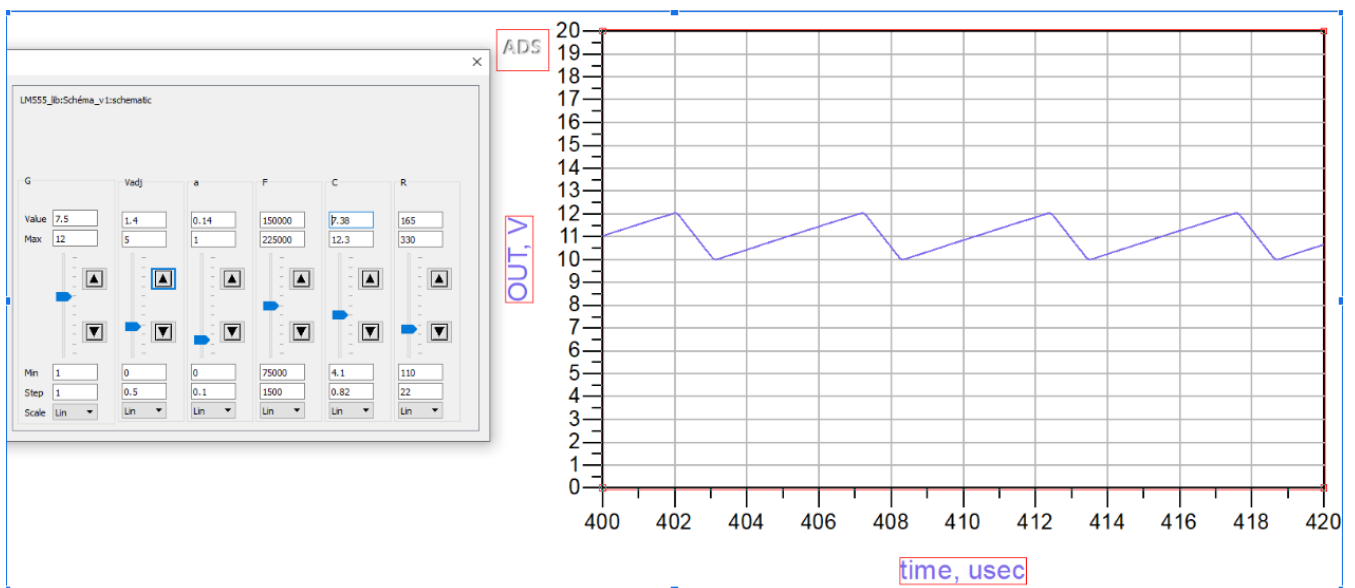
a.

i. Simulation ADS

Voici le schéma ADS afin de faire la plaquette en réel :



Voici le résultat de la simulation ADS :



ii. Fonctions de transferts :

Qu'est-ce qu'une AOP ?

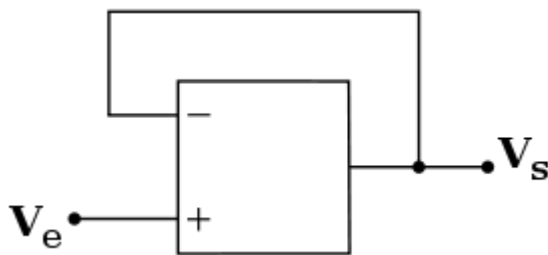
Un amplificateur opérationnel est un amplificateur différentiel à grand gain. C'est un amplificateur électronique qui amplifie fortement une différence de potentiel électrique présente à ses entrées.

Qu'est-ce qu'une fonction de transfert ?

En traitement du signal, une fonction de transfert est un modèle mathématique de la relation entre l'entrée et la sortie d'un système linéaire, le plus souvent invariant.

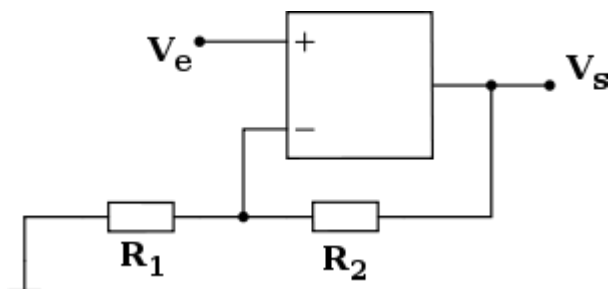
Dans le composant LM358D on peut noter qu'il y a 2 amplificateurs.

Un amplificateur suiveur :



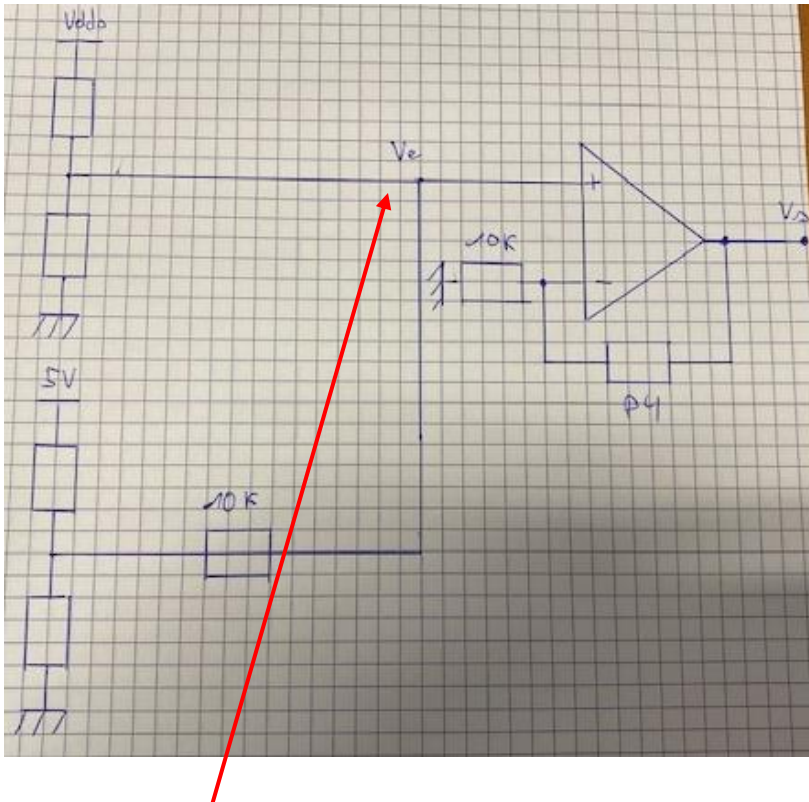
On a : $V_e = V_s$

Un amplificateur Non-Inverseur :



On a : $V_s = \left(\frac{R_2}{R_1} + 1 \right) V_e$

Voici un schéma pour notre cas :



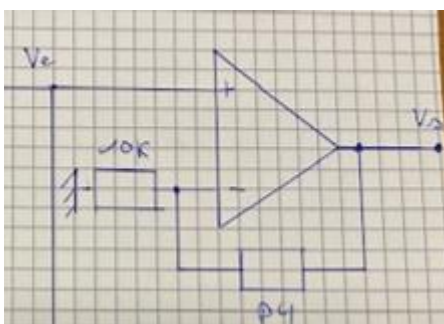
Pour trouver V_e il nous faut V_{e1} et V_{e2} :

On a : $V_{e1} = \alpha \times V_{dds}$ et $V_{e2} = (\beta \times 5) - V_{R8}$

On peut alors trouver V_s :

On a alors : $V_e = V_{e1} + V_{e2}$
 $V_e = (\alpha \times V_{dds}) + ((\beta \times 5) - V_{R8}))$

Ensuite on va devoir trouver la sortie V_s finale sachant que l'on connaît à présent l'entrée V_e calculée précédemment



On a : $V_s = V_e \times \gamma$

On sait que : $\gamma = \frac{R_2}{R_1} + 1$ et que $V_e = (\alpha \times V_{dds}) + ((\beta \times 5) - V_{R8}))$

Alors on peut dire que :

$$V_s = ((\alpha \times V_{dds}) + ((\beta \times 5) - V_{R8}))) \times \left(\frac{R_2}{R_1} + 1\right)$$

b. La raison principale du choix de l'LMC555 à la place du NE555D est la fréquence du composant qui est bien plus élevé.

c. La raison principale pour laquelle il nous a été fourni des LM6132 à place des LM358D est que les LM6132 ont la capacité à aller de 20Khz à 10Mhz, or les LM358D ne peuvent faire que 700Mhz.

<https://fr.findic.com/prix/lmc555-Re3o1xR6e.html>

<https://fr.findic.com/prix/ne555d-kjemZlmzl.html>

<https://fr.findic.com/prix/lm358d-Kerb3drej.html>

https://fr.findic.com/prix/lm6132-KerV0o7De.html#spec_tab

d.

Les potentiomètres :

Le premier potentiomètre (POT 1) sert à moduler la fréquence de balayage, le second (POT 2) sert à régler l'Amplitude, le troisième (POT 3) permet de régler l'Offset et le quatrième (POT 4) permet de régler l'Amplitude et l'Offset.

Le transistor T1 :

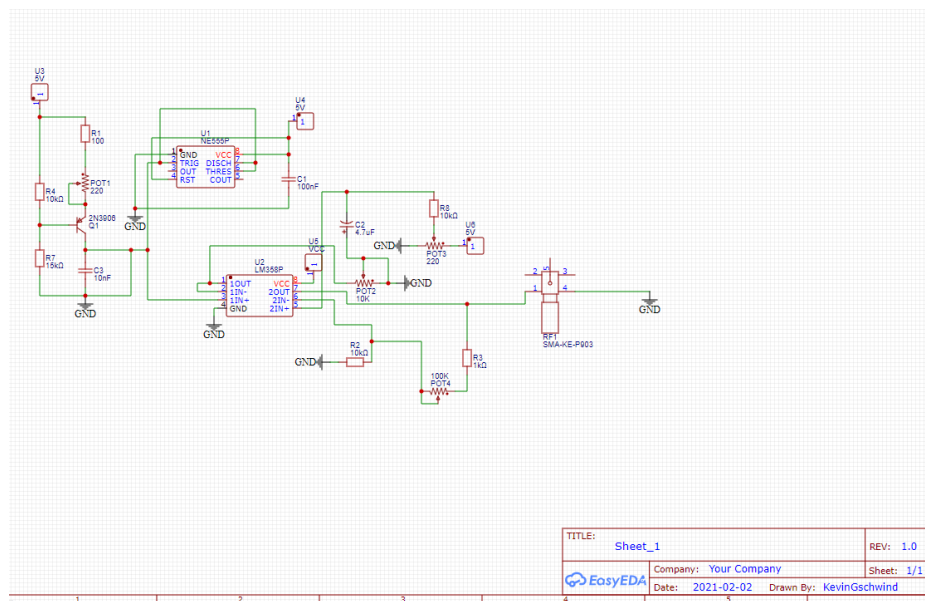
La capacité du C30 :

Le rôle de la diode zener D6 :

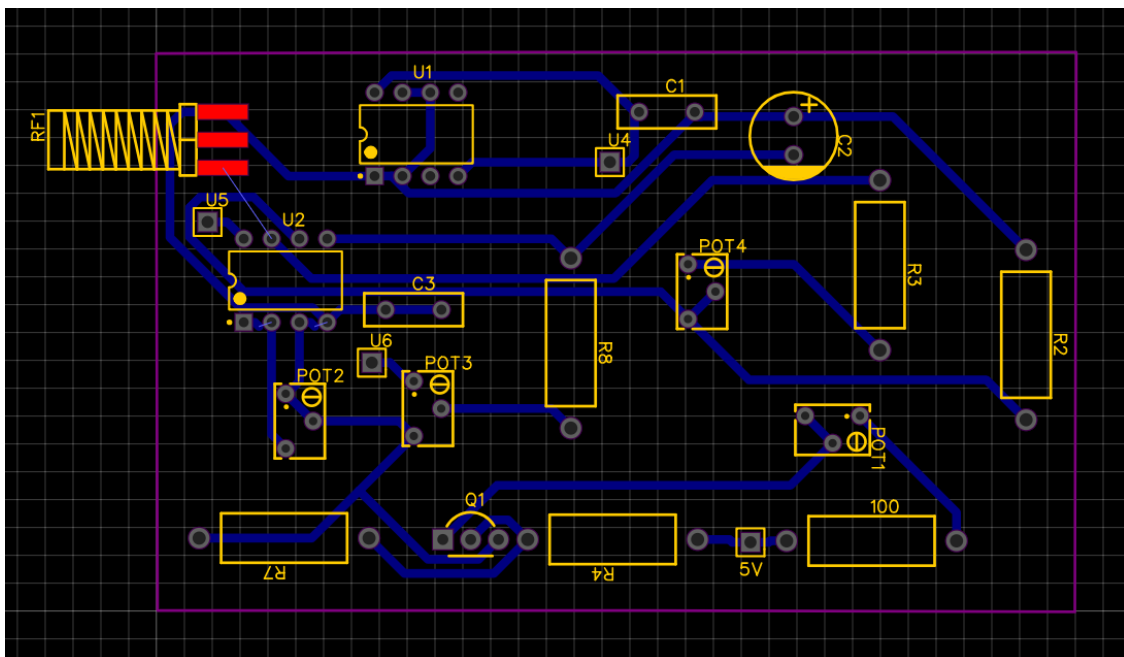
e. EDA

Le principe de EDA est de reproduire notre schéma sur le logiciel afin de crée une petite carte ce qui simplifiera la disponibilité car on a pas à avoir toute le gros montage mais seulement une petite carte.

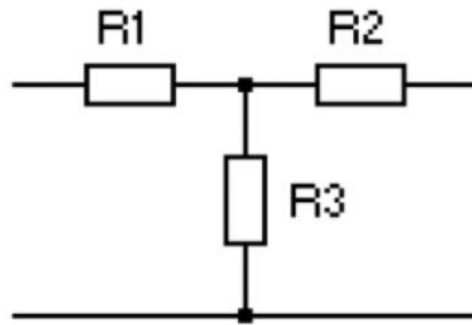
Dans un premier temps, on reproduit le schéma sur le logiciel :



Maintenant on va faire le routage de manière automatique, pour cela on place tous nos composants dans le rectangle et on lance le routage :



11.



Voici le schéma d'un atténuateur en T

Voici la formule pour calculer le coefficient d'atténuation A :

$$A = 10^{\frac{G}{20}}$$

G : atténuation en dB

Ensuite, on calcul les résistances :

$$R_1 = R_2 = Z_c \cdot \frac{1 - A}{1 + A}$$

$$R_3 = Z_c \cdot \frac{2 \cdot A}{1 - A^2}$$

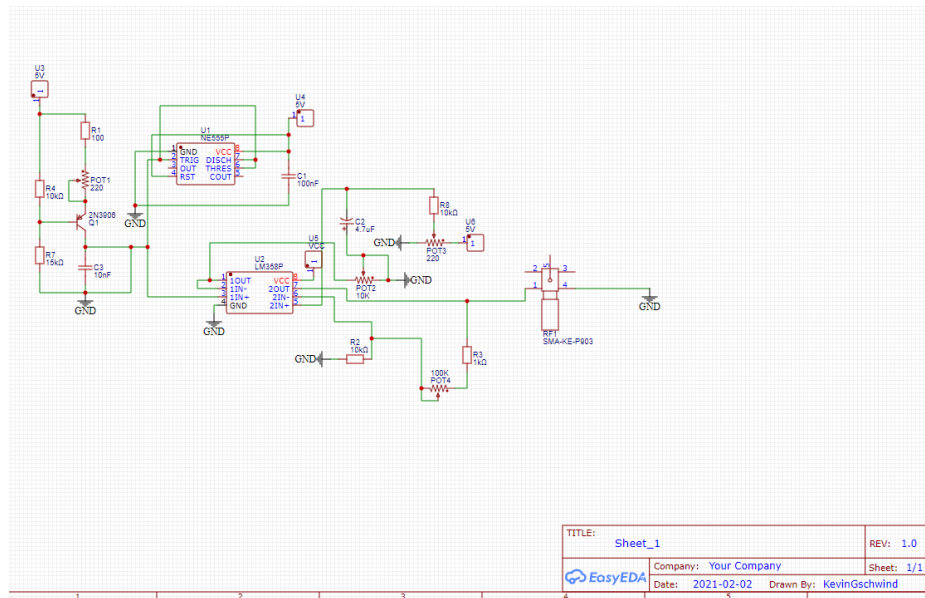
Zc : impédance de l'atténuateur

Maintenant on fait la même chose avec les valeurs de nos résistances à nous.

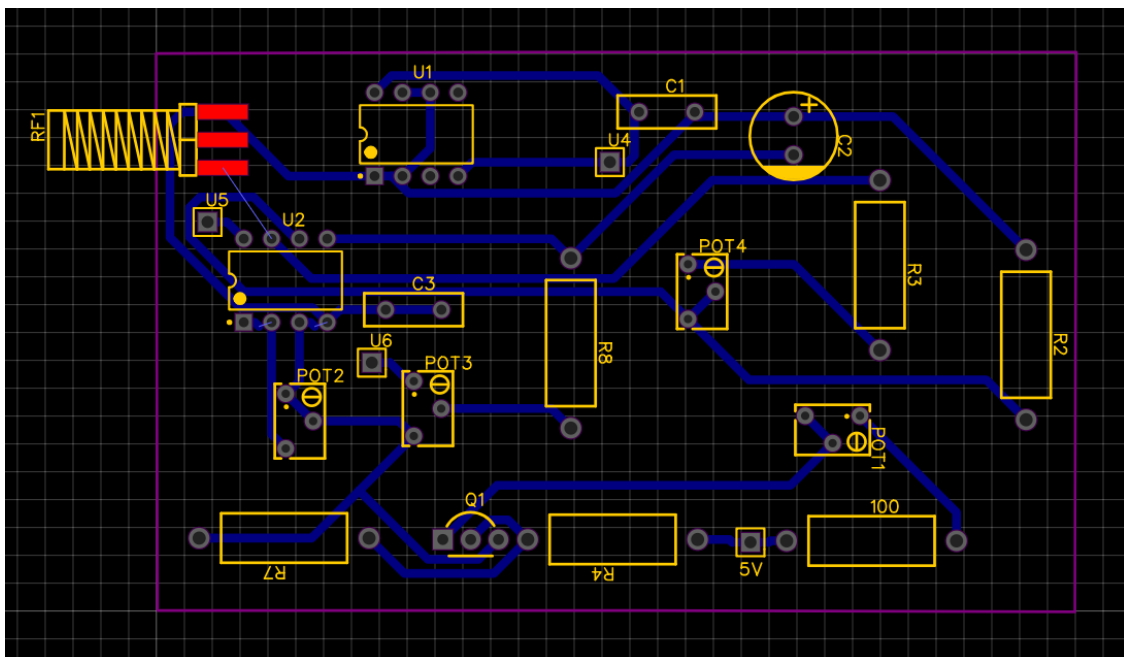
12. ADE

Le principe de EDA est de reproduire notre schéma sur le logiciel afin de crée une petite carte ce qui simplifiera la disponibilité car on a pas à avoir toute le gros montage mais seulement une petite carte.

Dans un premier temps, on reproduit le schéma sur le logiciel :



Maintenant on va faire le routage de manière automatique, pour cela on place tous nos composants dans le rectangle et on lance le routage :



13. FONCTIONNEMENT

Après différents tests il s'avère que le brouillage fonctionne sur une zone de 3-4 m. Cependant, au niveau de la 3G on a remarqué un brouillage plutôt moyen seulement sur 1m50.

14.

Bilan des prix pour ce projet :

- VCO ROS-1300T : 110.24€
- LM358P : 1.64€
- Potentiomètre de 10K : 2.12€
- NE55P : 0.19€
- Potentiomètre de 100K : 1.80€

Le coût final du projet est de 115.99€

CONCLUSION.

Ce projet nous a montré comment réaliser un brouilleur GSM de A à Z en partant du choix des composants (choisis préalablement par le professeur) jusqu'au montage final ainsi qu'au brouillage complet de la 2G/3G sur nos téléphones. Cela nous a permis de voir cet aspect autrement que via un cours lambda. On a donc pu manipuler, calculer et tester.