

Dossier De Conception (DDC)

du projet

Brassard lumineux pour cycliste

Responsabilité documentaire

Action	NOM Prénom	Fonction	Date	Signature
Rédigé par	Quentin Bernyer / Loic Vincent	Technicien	14/09/2021	
Approuvé par	S. MOUTAULT (IUT GEII Bdx)	Chef de projet	14/09/2021	
Approuvé par	V. LOTARE (KEOLIS CUB)	Client	14/09/2021	

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 – 14/09/2021	1/19
----------------------------------	---	------

Suivi des révisions documentaires

Indice	Date	Nature de la révision
1	12/09/2014	Publication préliminaire du DDC document à compléter par le Technicien.
2	27/09/2021	Première publication

Documents de références

Sigle	Référence	Titre	Rév.	Origine
[CDC]	BLC_CDC	Cahier des charges	1	KEOLIS

Table des matières

1. Nature du document.....	4
2. Conception préliminaire du produit.....	4
3. Conception détaillée du produit.....	5
3.1. <i>Le dernier étage : l'éclairage.....</i>	<i>5</i>
3.2. <i>L'étage 3 : l'amplificateur.....</i>	<i>6</i>
3.3. <i>Le premier étage : l'oscillateur.....</i>	<i>7</i>
3.4. <i>L'étage 2 : le sélecteur de mode.....</i>	<i>9</i>
3.5. <i>Bilan de la consommation.....</i>	<i>9</i>
3.6. <i>Conclusion de la conception détaillée du produit.....</i>	<i>10</i>
4. Simulation du produit.....	10
4.1. <i>L'oscillateur.....</i>	<i>10</i>
4.2. <i>L'amplificateur et les LED.....</i>	<i>14</i>
4.3. <i>Simulation interactive du produit.....</i>	<i>16</i>
4.4. <i>Conclusion de la simulation du produit.....</i>	<i>18</i>
5. Conclusion de la conception du produit.....	19
6. Matrice de conformité du produit.....	19

Actualisez la table des matières (clic droit > Actualiser l'index/la table).

1. Nature du document

Ce document est un dossier de conception et a pour but de détailler la conception du produit développé. Il apporte ainsi des preuves de la conformité du produit par rapport à l'ensemble des exigences client. Le paragraphe 3 du [CDC] décrit de façon plus détaillée la nature et le positionnement de ce document dans l'arborescence documentaire du projet.

2. Conception préliminaire du produit

Ce chapitre décrit l'architecture fonctionnelle du produit. Il apporte les premiers éléments de preuve de la faisabilité du produit vis-à-vis des exigences client.

Référence de pré-conception : PRC01

Exigences client vérifiées : EX02, EX03, EX04, EX05, EX06.

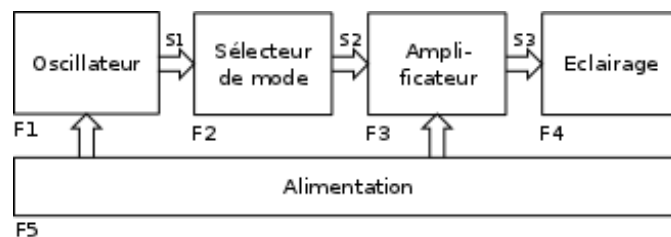


Figure 1: Schéma synoptique du produit.

Outre une alimentation autonome (F5) imposée par l'exigence EX02, l'architecture du produit s'articule en quatre blocs fonctionnels :

- Le bloc F1 est un oscillateur type astable générant un signal carré *S1* de période et de rapport cyclique conforme à l'exigence EX05 ;
- Le bloc F2 permet de sélectionner le mode de fonctionnement désiré (« normal » ou « continu ») en propageant sur *S2* ou non le signal *S1* issu du bloc précédent (EX04) ;
- Le bloc F3 fournit le courant nécessaire pour que les LED produisent la luminosité imposée par le cahier des charges (EX06) ;
- Le bloc F4 est constitué de 6 LED rouge haute luminosité (EX03).

3. Conception détaillée du produit

Ce chapitre détaille la conception du produit développé. Il constitue une preuve de la conformité du produit. Chaque paragraphe de cette étude fait donc clairement référence aux exigences client issues du [CDC].

3.1. Le dernier étage : l'éclairage

Référence de conception : CCPT01

Exigences client vérifiées : EX03, EX06, EX07

Le dernier étage assure la fonction d'éclairage. Il s'agit d'une association en parallèle de 6 LED réparties en deux blocs et de leurs résistances de limitation de courant.

D'après l'exigence EX06, la luminosité produite par chaque bloc de 3 LED est au minimum de 8 000 mcd soit 2 700 mcd par LED. Le modèle LC503UHR1-30Q-A-00001 du fabricant CREE produit au minimum 3 000 mcd pour un courant I_F de 20 mA ce qui convient pour respecter le cahier des charges.

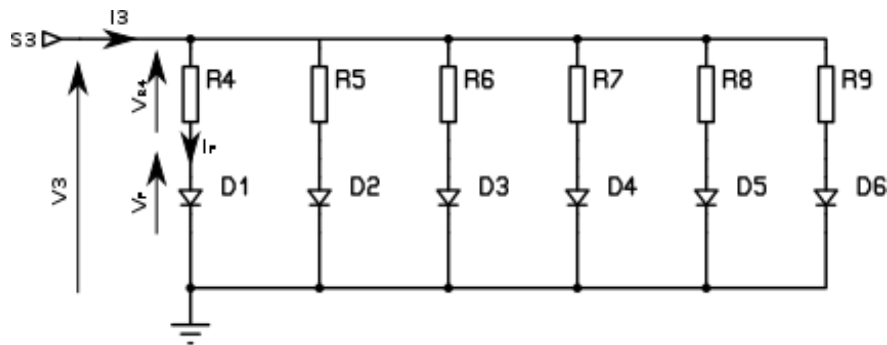


Figure 2: Schéma électrique du bloc fonctionnel F4.

La valeur des résistances $R4$ à $R9$ dépend du courant I_F traversant la LED, de la tension de seuil V_F des diodes et de la tension $V3$ délivrée au niveau de l'entrée du bloc fonctionnel. On a :

$$R_{i \in [4;9]} = \frac{V_{Ri}}{I_F} = \frac{V3 - V_F}{I_F} \quad (1)$$

D'après le paragraphe 3.2 (voir page 6), la tension $V3$ est au maximum de 3,9 V. Le courant I_F est fixé à 20 mA et, d'après la documentation des LED, la tension de seuil V_F est de 2,1 V.

La valeur théorique des résistances $R4$ à $R9$ est donc :

$$R_{i \in [4;9]} = \frac{3,9 - 2,1}{20 \cdot 10^{-3}} = 90 \, \Omega \quad (2)$$

On prendra une valeur normalisée de 82 Ω .

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	5/19
----------------------------------	--	------

Le courant total I_3 consommé par le bloc F4 lorsque les 6 LED sont allumées est de 6 fois I_F soit environ 120 mA. Compte-tenu du rapport cyclique α d'éclairage induit par l'exigence EX05, environ 35 %, le courant moyen consommé par cet étage est :

$$\langle I_3 \rangle = 6 \cdot \alpha \cdot I_F = 6 \times 0,35 \times 20 \cdot 10^{-3} = 42 \text{ mA} \quad (3)$$

3.2. L'étage 3 : l'amplificateur

Référence de conception : CCPT02

Exigences client vérifiées : EX06, EX07

L'étage d'amplification est structuré autour du transistor $Q1$ de type PNP de référence 2N2905. Tant que le signal $S2$ est au niveau haut (tension $V2$ proche de VCC) le transistor est bloqué et le courant I_3 de sortie est nul. Lorsque le signal $S2$ est au niveau bas ($V2$ nulle), le transistor passe en mode saturé et la sortie $S3$ produit le courant nominal I_3 de 120 mA nécessaire pour allumer les 6 LED de l'étage 3.

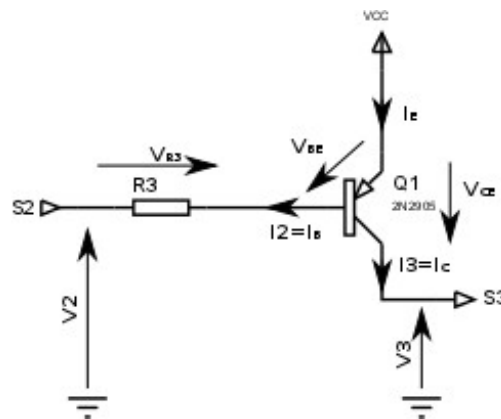


Figure 3: Schéma du bloc F3.

Il faut un courant de base I_B de l'ordre de 10 mA, soit environ $1/10^{\text{ème}}$ du courant I_3 , pour garantir une saturation confortable du transistor. Compte-tenu de la tension d'entrée $V2$ (nulle on le rappelle, dans cette situation), de la tension d'alimentation VCC (4,5 V d'après l'exigence EX02) et de la chute de tension V_{BE} (-0,6 V), la résistance $R3$ est telle que :

$$R3 = \frac{V_{R3}}{I_B} = \frac{-V2 + VCC + V_{BE}}{I_B} \quad (4)$$

La valeur théorique de $R3$ est donc :

$$R3 = \frac{0 + 4,5 - 0,6}{10 \cdot 10^{-3}} = 390 \Omega \quad (5)$$

On prendra une valeur normalisée de 390 Ω .

La tension de sortie $V3$ est telle que :

$$V3 = VCC + V_{CE} \quad (6)$$

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	6/19
----------------------------------	--	------

Lorsque le transistor $Q1$ est saturé, la tension V_{CE} est de l'ordre de $-0,6$ V. La tension de sortie est donc au maximum de :

$$V3_{max} = 4,5 - 0,6 = 3,9 \text{ V} \quad (7)$$

Cet étage ne consomme comme courant spécifique que le courant de base I_B lorsqu'il est en conduction, soit 35 % du temps. Le reste du courant consommé est injecté dans l'étage F4. La consommation spécifique de l'étage est donc d'environ 3,5 mA.

3.3. Le premier étage : l'oscillateur

Référence de conception : CCPT03

Exigences client vérifiées : EX05

D'après l'exigence EX05 le signal produit par le premier étage doit être actif pendant 70 ms environ, toutes les 200 ms. Compte-tenu du fonctionnement de l'étage F3, le niveau actif à considérer est le niveau bas.

L'étage oscillateur produit donc un signal $S1$ carré périodique de période 200 ms dont la durée à l'état bas se situe autour de 70 ms. Son implémentation est basée sur un montage de type astable à base de composant NE555.

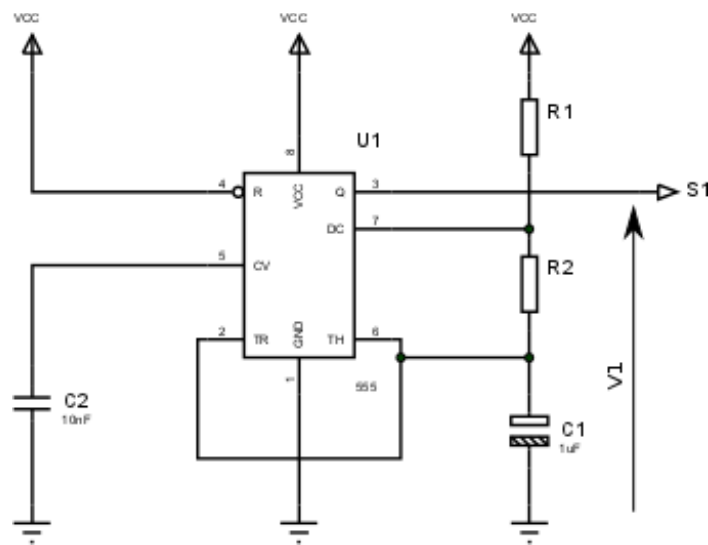


Figure 4: Schéma électrique du bloc oscillateur (F1).

En s'appuyant sur la documentation constructeur et en considérant l'ordre de grandeur de la période souhaitée, **on prendra une capacité $C1$ de $1 \mu\text{F}$.**

En utilisant la datasheet du NE555 nous allons utiliser les formules données pour calculer $R1$, $R2$ en fonction de $t1$ et $t2$.

Pour commencer nous utilisons $t2$ venant du CDC (cahier des charges).

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	7/19
----------------------------------	--	------

- $R2 = t2 / (0.693 * 10^{-6})$ On commence en prenant $t2$ durée minimal à l'état bas du signal de sortie.

$$= (55 * 10^{-3}) / (0.693 * 10^{-6})$$

$$= 79.395 \Omega$$

- $R2 = t2 / (0.693 * 10^{-6})$ Ensuite nous prenons $t2$, durée maximal à l'état haut du signal de sortie.

$$= (85 * 10^{-3}) / (0.6393 * 10^{-6})$$

$$= 122.655 \Omega$$

$$R2 \in [79.395k\Omega : 122.655k\Omega]$$

Ensuite nous utiliserons $t1$ venant aussi du CDC en utilisant T pour avoir un intervalle.

$$T = 200ms \pm 20\%$$

$$- R1 = (T / (\ln(2) * C1)) - 2 * R2$$

$$T = [160ms : 240ms]$$

$R1 = (T / (0.693 * C1)) - 2 * R2$ On commence en prenant T valeur minimale possible à la période de sortie.

$$= 160 * 10^{-3} / (0.693 * 10^{-3}) - 2 * 100 * 10^3$$

$$= 30.880 \Omega$$

- $R1 = (T / (0.693 * C1)) - 2 * R2$ Ensuite T prend la valeur maximale possible à la période de sortie.

$$= (240 * 10^{-3} / (0.693 * 10^{-3})) - 2 * 100 * 10^3$$

$$= 146.320 \Omega$$

$$R1 \in [30.880k\Omega : 146.320k\Omega]$$

Pour finir nous prenons la valeur moyenne de $R1 : 88,6k\Omega$

et $R2 : 101,025k\Omega$

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	8/19
----------------------------------	--	------

On prendra pour $R1$ une valeur normalisée de **91K Ω** et pour $R2$ une valeur de **100k Ω** .

La valeur de $C2$ conseillée par le constructeur est de 10 nF.

D'après la documentation constructeur, la consommation du circuit est de l'ordre de 6 mA. Le courant consommé dans la branche $R1/R2$ est inférieur à 0,1 mA.

3.4. L'étage 2 : le sélecteur de mode

Référence de conception : CCPT04

Exigences client vérifiées : EX04

L'étage de sélection de mode permet, à l'aide d'un cavalier, d'injecter le signal $S1$ en entrée de l'étage 3 ou d'y imposer une tension nulle, ce qui entraîne la conduction continue du transistor $Q1$ et donc l'allumage permanent des 6 LED du dernier étage.

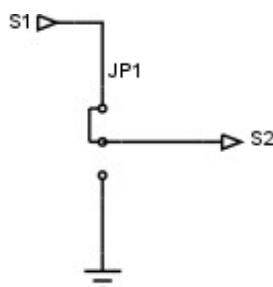


Figure 5: Schéma électrique du bloc F2.

Cet étage ne consomme aucun courant spécifique.

3.5. Bilan de la consommation

Référence de conception : CCPT05

Exigences client vérifiées : EX07

Les sections précédentes ont établi les consommations suivantes :

Bloc fonctionnel	Consommation
Astable (F1)	6 mA
Sélecteur de mode (F2)	0 mA
Amplificateur de courant (F3)	4 mA
LED (F4)	43 mA
Total	53 mA

L'estimation des consommations du montage conduit à une consommation moyenne d'environ 53 mA, causée à plus de 80 % par le dernier étage. Ce résultat est bien inférieur aux 62 mA admissibles de l'exigence EX07.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	9/19
----------------------------------	--	------

3.6. Conclusion de la conception détaillée du produit

La conception a permis d'élaborer le schéma électrique de chaque étage du produit et de dimensionner tous les composants. Les valeurs des composants déterminées dans cette étude sont données dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs feront l'objet d'une vérification en simulation (voir paragraphe 4) et en essai (voir DDV).

Tableau I: Valeurs théorique et normalisée des composants.

Repère	Désignation	Valeur théorique	Valeur normalisée
R1	Résistance	88,6kΩ	91kΩ
R2	Résistance	101,025kΩ	100kΩ
R3	Résistance	390	390
R4-R9	Résistance	90	82
C1	Capacité	1 μ	1μ
C2	Capacité	10n	10n
D1-D6	LED Rouge		LC503UHR1-30Q-A-00001
U1	Circuit intégré		NE555
Q1	Transistor		2N2905
JP1	Cavalier 2 positions		

4. Simulation du produit

Ce chapitre détaille la simulation du produit développé. Il constitue une preuve de la conformité du produit. Chaque paragraphe de l'étude fait donc clairement référence aux exigences client issues du [CDC].

Il permet également de justifier les résultats théoriques effectués aux paragraphes 2 et 3 en vérifiant le fonctionnement à travers des simulations. Pour chaque simulation sont renseignées les consignes pour reproduire la simulation effectuée. Les résultats des simulations sont confrontés aux résultats de l'étude théorique.

Nous avons pris soin de conserver chaque simulation dans un fichier distinct. Chaque simulation du projet peut donc être rejouée en cas de besoin au cours et après le développement du produit. L'ensemble des fichiers est disponible dans le dossier : BLC/SIM/.

4.1. L'oscillateur

Référence de la simulation : SIM01

Exigences client vérifiées : EX02, EX05

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	10/19
----------------------------------	--	-------

But de la simulation : Vérifier la période et la durée à l'état bas du signal *S1* produit par le premier étage.

Fichiers : BLC_SIM01.dsn

Procédure de simulation :

On procède à la simulation analogique du premier étage durant 1 s.

L'alimentation VCC est fixée à 4,5 V.

On observe la tension du signal *S1* par l'intermédiaire d'une sonde de tension *V_S1* placée sur ce signal.

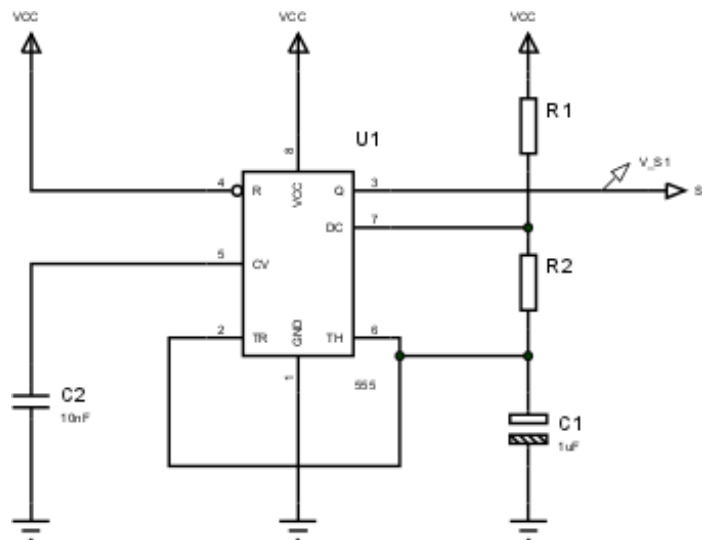


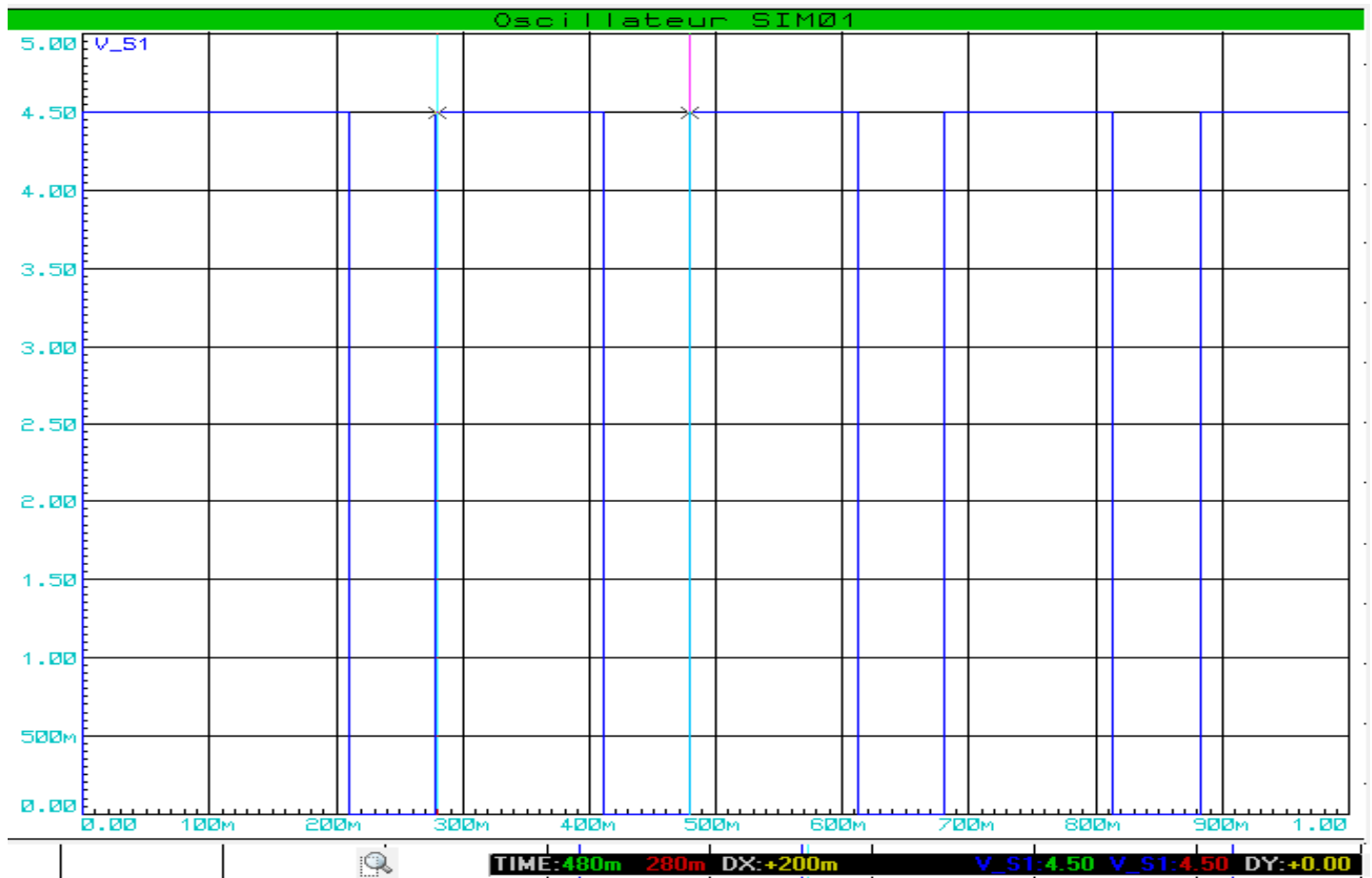
Figure 6: Schéma de simulation de l'oscillateur.

Le modèle de simulation du NE555 ne permet pas de mesurer le courant consommé par le circuit.

Résultats attendus :

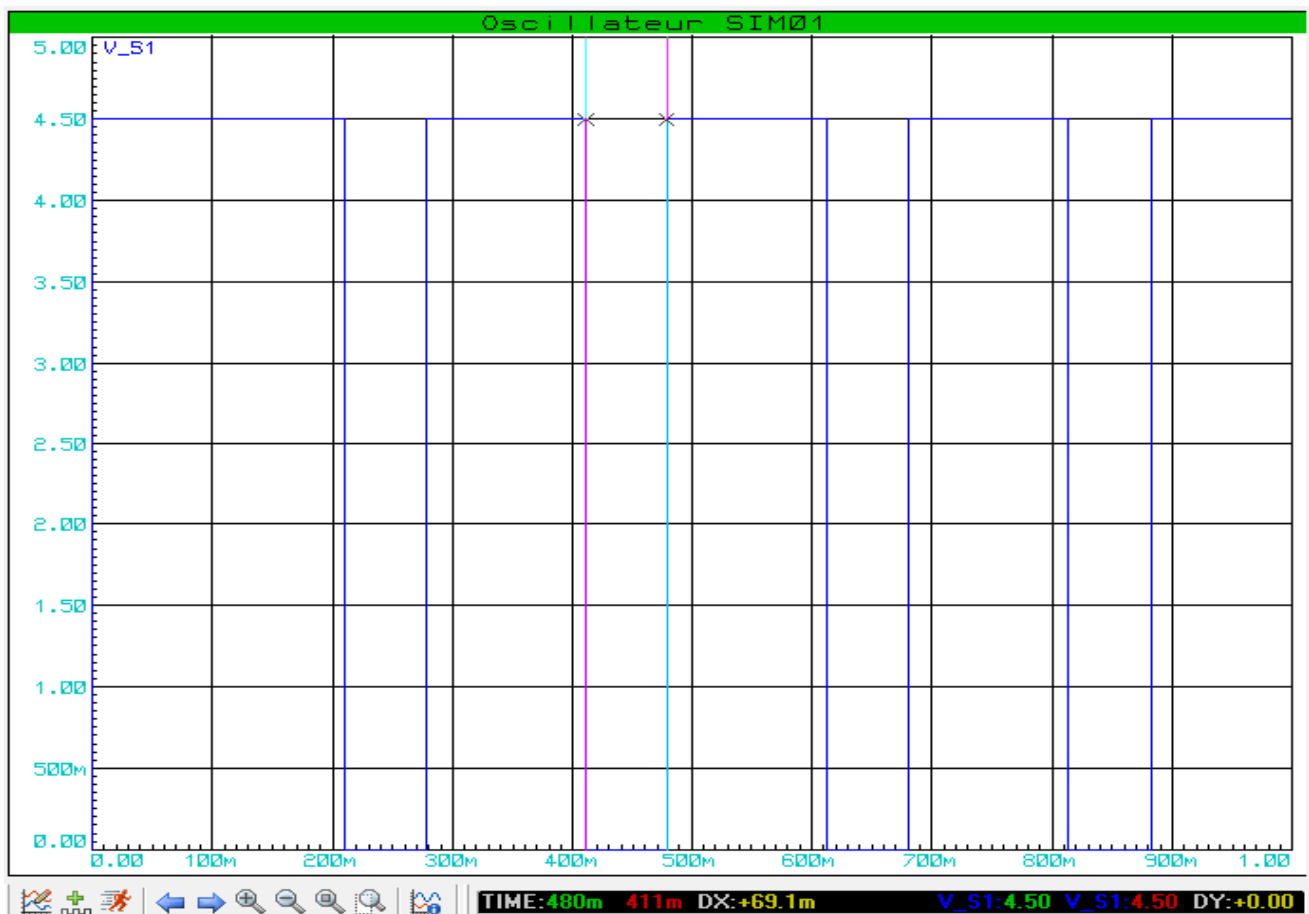
Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
Période de S1	200 ms	+/- 20%
Durée à l'état bas de S1	70 ms	+/- 15 ms

Résultats obtenus :



Nous savons que la période doit être égale à 200ms ($\pm 20\%$, soit 40ms), Grâce au logiciel ISIS et au graphique obtenu nous pouvons voir que la période obtenue est de 200ms (DX = 200ms).

Brassard lumineux pour cycliste



Grace au cahier des charges nous savons que la période doit être égale à 200ms ($\pm 20\%$, soit 40ms), Grâce au logiciel ISIS et grâce au premier graphique obtenu nous pouvons voir que la période obtenue est de 200ms (DX = 200ms). Nous pouvons donc conclure que cette valeurs répond bien au cahier des charges.

D'après les données du CDC (cahier des charges), la durée à l'état bas du signal S1 doit être de 70ms ($\pm 15\%$). Grâce à la disposition des curseurs nous pouvons voir que la valeurs mesurée est de 69,1ms. Nous pouvons donc en conclure que que cette valeurs répond bien au cahier des charges.

A partir des simulations effectuées, complétez ci-dessous les valeurs des résultats obtenus.

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
Période de S1	200ms	Conforme
Durée à l'état bas de S1	69,1ms	Conforme

Statut de la simulation : La simulation est conforme aux exigences du cahier des charges,

Problèmes rencontrés :

Durant cette phase nous n'avons pas rencontrés de problèmes particulier, toute les valeurs calculés correspondent au cahier des charges.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	13/19
----------------------------------	--	-------

4.2. L'amplificateur et les LED

Référence de la simulation : SIM02

Exigences client vérifiées : EX02, EX03, EX05, EX06, EX07

But de la simulation : Vérifier que le courant traversant les LED est compatible avec les exigences de consommation et de luminosité.

Fichiers : BLC_SIM02.dsn

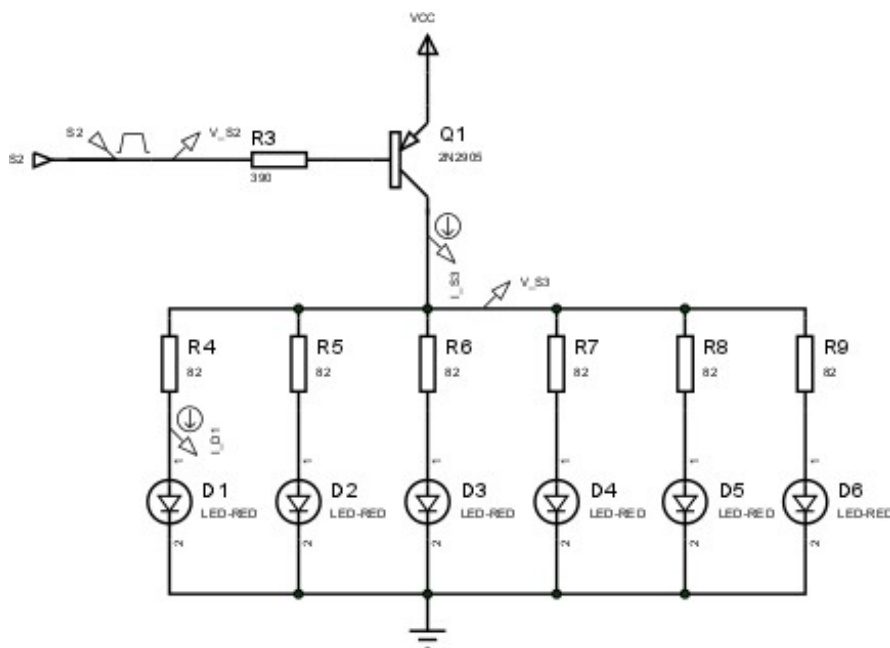


Figure 7: Schéma de simulation des étages 3 et 4.

Procédure de simulation :

On procède à la simulation analogique de l'ensemble des deux blocs F3 et F4 pendant 1 s.

L'alimentation VCC est fixée à 4,5 V.

A l'entrée $S2$ du montage est placé un générateur de tension de type PULSE qui impose successivement 0 V pendant 500 ms, puis 4,5 V durant les 500 ms restantes.

Une première sonde de courant I_{S3} est placée sur le collecteur du transistor $Q1$, une seconde sonde I_{D1} mesure le courant consommé par la LED D1.

Une sonde de tension V_{S2} est placée en entrée du montage et une sonde V_{S3} en sortie de l'amplificateur.

On visualise les tensions V_{S2} et V_{S3} ainsi que les courants I_{S3} et I_{D1} .

Résultats attendus :

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04	14/19
	Révision : 2 –	

D'après l'étude théorique (section 3.5 page 9), 80 % du courant consommé l'est pas l'étage à LED. Compte-tenu du courant maximum I_{max} imposé par l'exigence EX07, et du rapport cyclique α d'éclairage induit par l'exigence EX05, le courant maximum consommé par l'ensemble des LED ne doit pas excéder :

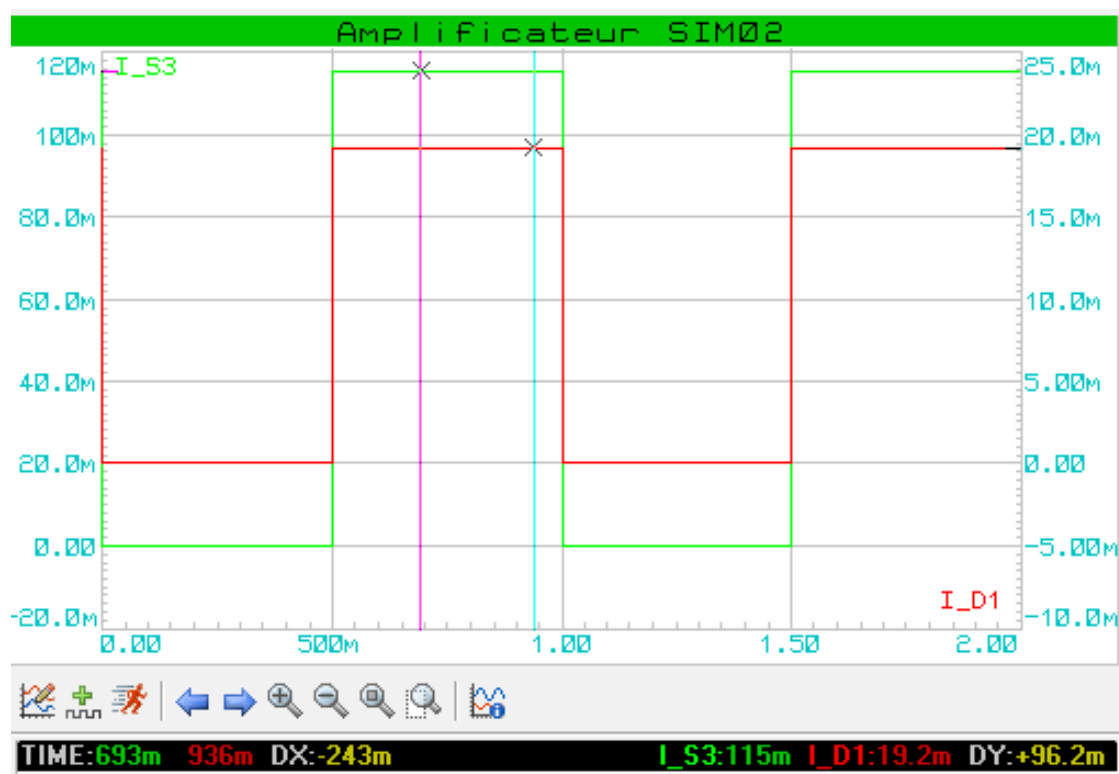
$$I_{3_{max}} = 0,80 \cdot \frac{\langle I \rangle_{max}}{\alpha} = 0,80 \cdot \frac{62 \cdot 10^{-3}}{0,35} = 141 \text{ mA} \quad (8)$$

L'exigence EX06 fixe la luminosité minimale $L_{V_{Di}}$ produite par la LED Di à 2 700 mcd. La documentation constructeur donne une luminosité minimum nominale L_{V_n} de 3 000 mcd pour un courant nominal I_{F_n} de 20 mA. Toute proportion gardée, le courant I_{Di} traversant la LED Di doit être au minimum de :

$$I_{Di_{min}} = \frac{I_{F_n}}{L_{V_n}} \cdot L_{V_{Di}} = \frac{20}{3000} \cdot 2700 = 18 \text{ mA} \quad (9)$$

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
I_S3 (LED allumées)	<141mA	-
I_D1 (LED allumée)	>18mA	-

Résultats obtenus :



Grace à ISIS et au graphique obtenu les curseurs positionné nous permettent de voir que l'intensité du courant passant dans I_D1 est de 19.2mA ce qui est supérieur à la valeur exigée dans le cahier des charges.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	15/19
----------------------------------	--	-------

Pareillement nous pouvons voir que le courant passant dans I_S3 est de 115mA ce qui est inférieur au 141mA exigé dans le cahier des charges.

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
I_S3 (LED allumées)	115mA	Conforme
I_D1 (LED allumée)	19.2mA	Conforme

Statut de la simulation : Notre 2ème simulation est conforme aux exigences du cahier des charges.

Problèmes rencontrés :

Nous n'avons pas rencontré de problèmes durant cette simulation, toutes les valeurs obtenues sont conformes aux exigences du cahier des charges.

4.3. Simulation interactive du produit

Référence de la simulation : SIM03

Exigences client vérifiées : EX02, EX03, EX04

But de la simulation : Vérifier le fonctionnement global du produit, en particulier les modes « normal » et « continu ».

Fichiers : SIM03.dsn

Procédure de simulation :

On procède à la simulation interactive du produit complet.

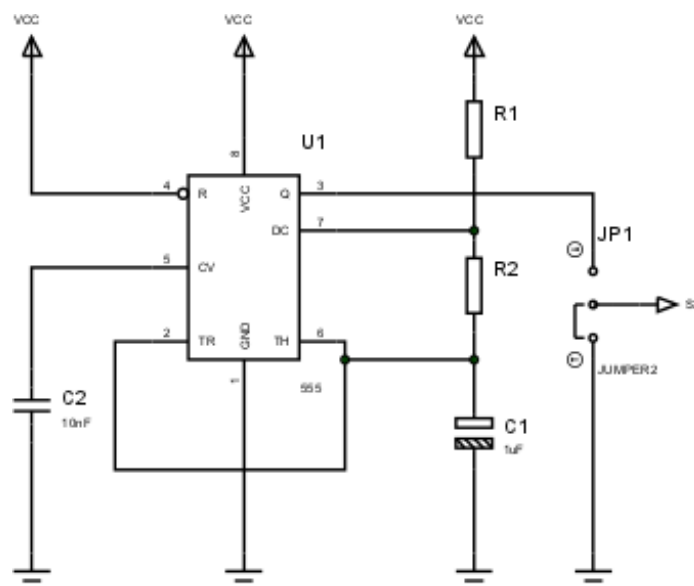


Figure 8: Schéma de simulation du produit (étages 1 et 2).

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	16/19
----------------------------------	--	-------

Brassard lumineux pour cycliste

L'alimentation VCC est fixée à 4,5 V.

Le cavalier *JPI* est positionné successivement dans les positions correspondant aux modes « normal » et « continu ».

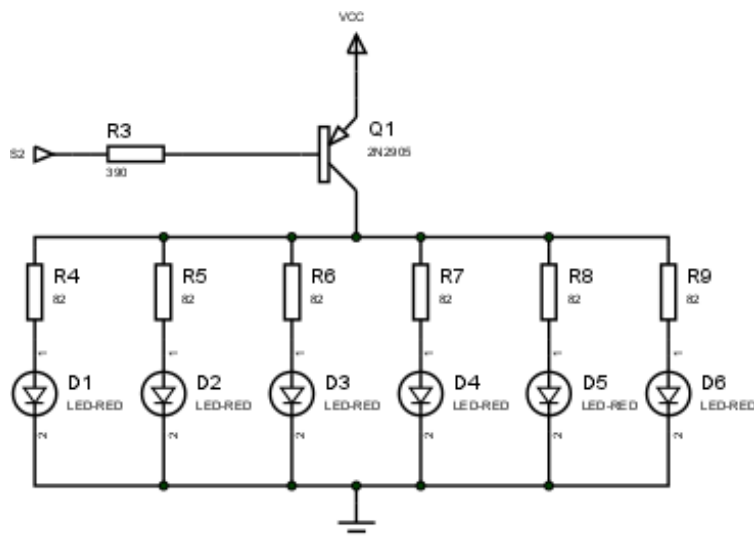


Figure 9: Schéma de simulation du produit (étages 3 et 4).

On observe le comportement des LED en fonction du mode sélectionné.

Résultats attendus :

Grandeur	Valeur attendue	Tolérance
LED en mode « normal »	Clignotantes	-
LED en mode « continu »	Allumées	-

Résultats obtenus :

Les résultats obtenus sont cohérent avec la phase de conception détaillé ainsi qu'avec les exigences du cahier des charges.

Grandeur	Valeur mesurée	Conf/Non conf.
LED en mode « normal »	LED éteinte : 410mV9pA	Conforme
	LED allumées : 4,3V/111mA	
LED en mode « continu »	4.3V/111mA	Conforme

Statut de la simulation : Nous pouvons conclure que cette dernière simulation, SIM03 est conforme au cahier des charges.

Problèmes rencontrés :

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	17/19
----------------------------------	--	-------

Nous n'avons pas rencontré de problèmes durant cette simulation, toutes les valeurs obtenues sont conformes aux exigences du cahier des charges.

4.4. Conclusion de la simulation du produit

La simulation effectuée dans cette partie a permis de valider les choix de conception, en accord avec les résultats obtenus.

IUT Bordeaux Département GEii	Référence : BLC_DDC_EQ04 Révision : 2 –	18/19
----------------------------------	--	-------

5. Conclusion de la conception du produit

La conception du produit à été réalisée avec succès sans rencontrer de problèmes, toutes les valeurs obtenues correspondent à celles exigés dans le cahier des charges. Le produit ne présente aucuns défauts.

6. Matrice de conformité du produit

Ce chapitre synthétise par l'intermédiaire d'un tableau la conformité du produit développé par rapport aux exigences issues du Cahier des Charges.

Exigence	Méthodes Vérification	Eléments vérifiant l'exigence	Statut
EX01	Conception/Fab.		
EX02	Conception Simulation Conception/Fab. Vérification	PRC01, CCPT0 SIM01, SIM02, SIM03	Conf. Conforme
EX03	Conception Simulation Conception/Fab. Vérification	PRC01, CCPT01 SIM02, SIM03	Conf. Conforme
EX04	Conception Simulation Vérification	PRC01, CCPT00, CCPT04, SIM03, SIM01, SIM02	Conf. Conforme
EX05	Conception Simulation Vérification	PRC01, CCPT00, SIM03, SIM01, SIM02	Conf. Conforme
EX06	Conception Simulation	PRC01, CCPT01, CCPT02, SIM02	Conf. Conforme
EX07	Conception Simulation Vérification	PRC01, CCPT01, CCPT02, CCPT05, SIM02	Conf. Conforme
EX08	Conception/Fab.		
EX09	Conception/Fab.		