

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE  
Faculté de génie  
Département de génie électrique et génie informatique

## **APP3 - PROBLÉMATIQUE**

APP 3 GEGI : Circuits et systèmes du 1er ordre  
App3

Présenté à  
Jan Dubowski  
Hassan Maher  
Charles Richard

Présenté par  
Alexis Juteau – Jut1101  
Shawn Miller – Mils2203

Sherbrooke – 20 octobre 2021

# TABLE DES MATIÈRES

|           |   |          |
|-----------|---|----------|
| <b>1.</b> | <b>Introduction</b>   | <b>2</b> |
| <b>2.</b> | <b>Développement</b>  | <b>2</b> |
| 2.1       | Calculs et démarches pour la polarisation des DEL IR.   | 2        |
| 2.2       | Calculs et démarches pour le calcul de $V_{ref}$ et des résistances associées.                              | 2        |
| 2.3       | Calculs et démarches de la valeur de la résistance $R_3$ limitant le courant de DEL rouge.                  | 3        |
| 2.4       | Calculs et démarches pour trouver les courants circulant dans les DEL jaune & bleu (droites de charges)     | 3        |
| 2.5       | Analyse du circuit simplifié de l'additionneur  | 4        |
| 2.5.1     | Mise en équations complète par la méthode des boucles, la méthode des nœuds et la méthode de superposition. | 5        |
| 2.5.2     | Solution complète des équations selon la méthode des nœuds  | 6        |
| 2.6       | Calcul et démarche de la valeur de la résistance $R_{18}$ pour le circuit d'amplification.                  | 6        |
| 2.7       | Tableau des 8 possibilités de tension ( $V_+$ de $U_{1D}$ ) calculées, simulées et réelles.                 | 7        |
| 2.8       | Tableau des pièces calculées et choisies  | 7        |
| <b>3.</b> | <b>Conclusion</b>   | <b>7</b> |

# 1. INTRODUCTION

D'une part, le but de cette problématique est de compléter le circuit d'un robot. Ce circuit a pour fonction d'ajouter au robot le fait de pouvoir suivre une ligne, d'où le but d'utiliser 3 suiveurs de lignes. En ce qui concerne le reste du circuit, le but est de conditionner les valeurs obtenues des suiveurs de ligne. C'est-à-dire d'obtenir des valeurs cohérentes à la sortie en utilisant des comparateurs, un CNA (convertisseur numérique analogique) et un étage d'amplification pour obtenir un 5V à la sortie du circuit.

## 2. DÉVELOPPEMENT

### 2.1 CALCULS ET DÉMARCHES POUR LA POLARISATION DES DEL IR.

$$\begin{aligned}V_{Led} &= 1,7V \text{ si } I = 40mA \\ R_1 &= \frac{5V - 1,7V}{40mA} = 82,5\Omega \\ R_1 &= R_5 = R_9\end{aligned}$$

### 2.2 CALCULS ET DÉMARCHES POUR LE CALCUL DE VREF ET DES RÉSISTANCES ASSOCIÉES.

$$\begin{aligned}I_{max} &= 50\mu A \\ R_{min} &= \frac{V}{I} = \frac{5V}{50\mu A} = 100k\Omega \\ \text{poson que } R_{19} &= 50k\Omega \\ V_{ref} &\text{ va être entre } 4V \text{ et } 4.25V \\ V_{ref} &= \frac{R_{20}}{(R_{20} + R_{19} + R_{21})} * V_{CC} \\ 4V &= \frac{R_{20}}{R_{20} + 50k\Omega + 20k\Omega} * 5V \rightarrow R_{20} = 280k\Omega \\ V_{ref} &= \frac{280k\Omega}{280k\Omega + 50k\Omega + 0\Omega} * 5V \\ V_{ref} &= 4.24V\end{aligned}$$

## 2.3 CALCULS ET DÉMARCHES DE LA VALEUR DE LA RÉSISTANCE R3 LIMITANT LE COURANT DE DEL ROUGE.

$$R_3 = \frac{5V - V_{Led} - V_{CE}}{10mA} = \frac{5V - 1,8V - 0,2V}{10mA} = 300\Omega$$

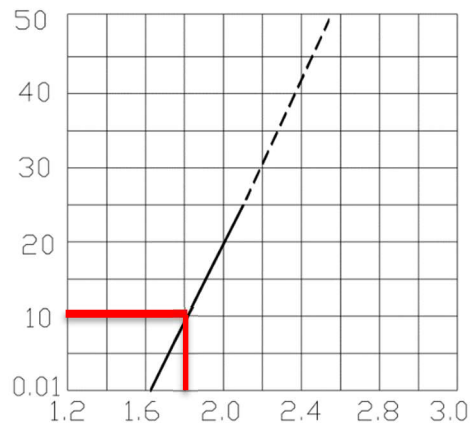


Figure 1 : Droite LED charge pour la LED rouge

## 2.4 CALCULS ET DÉMARCHES POUR TROUVER LES COURANTS CIRCULANT DANS LES DEL JAUNE & BLEU (DROITES DE CHARGES)

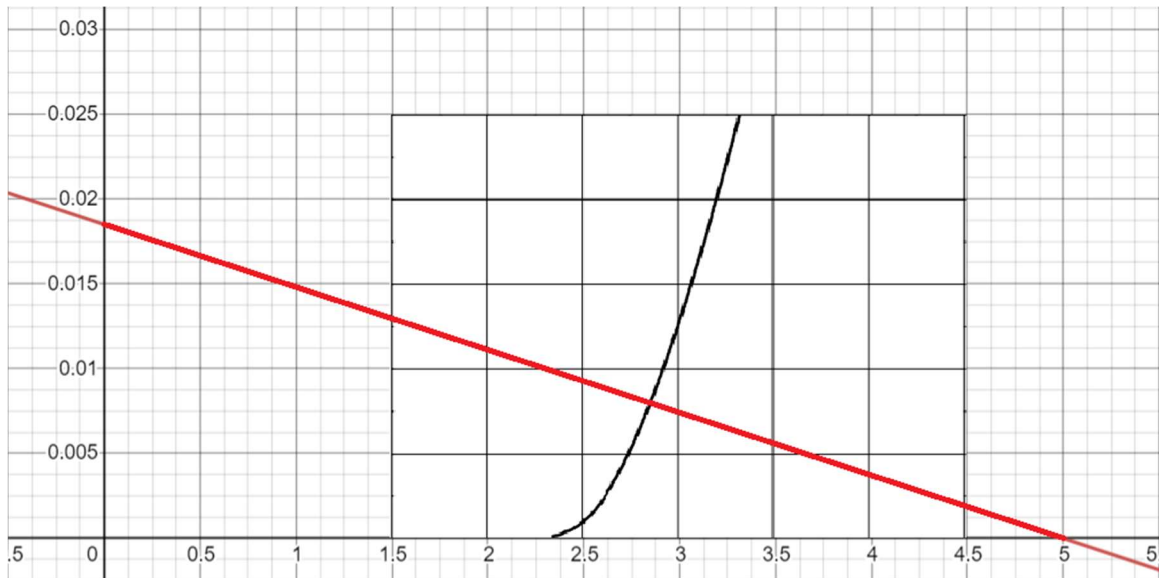


Figure 1 : Droite de charge pour la LED jaune

Selon la droite de charge, la perte de tension sera d'environ 1.8V avec un courant de 9mA (approximatif).

$$I = -\frac{1}{R_{th}}V + I_{cc}$$

$$I = -\frac{1}{330\Omega}V + 14.545mA$$



**Figure 3 : Droite de charge pour la LED bleu**

Selon cette droite de charge, la perte de tension sera d'environ 2.7V avec un courant de 8.5mA (approximatif)

$$I = -\frac{1}{R_{th}}V + I_{cc}$$

$$I = -\frac{1}{270\Omega}V + 17.778mA$$

## 2.5 ANALYSE DU CIRCUIT SIMPLIFIÉ DE L'ADDITIONNEUR

Cet additionneur est en fait un convertisseur numérique-analogique (CNA). Son but est d'additionner les tensions aux sorties des ampli-op en mode comparateur et d'obtenir une sortie analogique en référence aux parties numériques de notre circuit, soit des haut (5V) ou bas (0V) aux sorties des comparateurs (U1A, U1B, U1C). On obtient donc une série de valeurs face aux états des suiveurs de lignes. Les valeurs sont disponibles à la section 2.7 du rapport (Ces valeurs sont amplifiées légèrement jusqu'à 5V).

### 2.5.1 MISE EN ÉQUATIONS COMPLÈTE PAR LA MÉTHODE DES BOUCLES, LA MÉTHODE DES NŒUDS ET LA MÉTHODE DE SUPERPOSITION.

Méthode des nœuds :

$$\begin{aligned}
 I_1 + I_2 + I_3 &= I_4 \\
 \frac{(V_a - V_o)}{10k\Omega} + \frac{(V_b - V_o)}{20k\Omega} + \frac{(V_c - V_o)}{40k\Omega} &= \frac{V_o}{80k\Omega} \\
 \frac{V_a}{10k\Omega} + \frac{V_b}{20k\Omega} + \frac{V_c}{40k\Omega} - \frac{7}{40k\Omega} V_o &= \frac{V_o}{80k\Omega} \\
 \frac{V_a}{10k\Omega} + \frac{V_b}{20k\Omega} + \frac{V_c}{40k\Omega} &= \frac{3}{16k\Omega} V_o \\
 \frac{8}{15k\Omega} V_a + \frac{4}{15k\Omega} V_b + \frac{2}{15k\Omega} V_c &= V_o \\
 \frac{2}{15k\Omega} (4V_a + 2V_b + V_c) &= V_o
 \end{aligned}$$

Méthode des boucles :

$$\begin{aligned}
 -V_1 + 10k\Omega I_1 + 20k\Omega(I_1 - I_2) + V_2 &= 0 \\
 -V_2 + 20k\Omega(I_2 - I_1) + 40k\Omega(I_2 - I_3) + V_3 &= 0 \\
 -V_3 + 40k\Omega(I_3 - I_2) + 80k\Omega I_3 &= 0
 \end{aligned}$$

Méthode de superposition :

$$\begin{aligned}
 V_{o1} &= \frac{R_{14} \nearrow R_{15} \nearrow R_{16}}{R_{13} + (R_{14} \nearrow R_{15} \nearrow R_{16})} * V_1 \\
 V_{o2} &= \frac{R_{13} \nearrow R_{15} \nearrow R_{16}}{R_{14} + (R_{13} \nearrow R_{15} \nearrow R_{16})} * V_2 \\
 V_{o3} &= \frac{R_{13} \nearrow R_{14} \nearrow R_{16}}{R_{15} + (R_{13} \nearrow R_{14} \nearrow R_{16})} * V_3
 \end{aligned}$$

### 2.5.2 SOLUTION COMPLÈTE DES ÉQUATIONS SELON LA MÉTHODE DES NŒUDS

$$\frac{2}{15k\Omega} (4V_a + 2V_b + V_c) = V_o$$

Tableau 1: Les tensions de sortie par rapport aux tensions d'entrées

| $V_a$ | $V_b$ | $V_c$ | $V_o$  |
|-------|-------|-------|--------|
| 0V    | 0V    | 0V    | 0V     |
| 0V    | 0V    | 5V    | 0.666V |
| 0V    | 5V    | 0V    | 1.333V |
| 0V    | 5V    | 5V    | 3.999  |
| 5V    | 0V    | 0V    | 2.666V |
| 5V    | 0V    | 5V    | 3.332V |
| 5V    | 5V    | 0V    | 3.999V |
| 5V    | 5V    | 5V    | 4.66V  |

### 2.6 CALCUL ET DÉMARCHE DE LA VALEUR DE LA RÉSISTANCE R18 POUR LE CIRCUIT D'AMPLIFICATION.

$$V_{out} = \left(1 + \frac{R_{18}}{R_{17}}\right) * V_{in}$$

Lorsque  $V_{in}$  est au le plus élevé, la tension  $V_{out}$  doit être de 5V

$$5V = \left(1 + \frac{R_{18}}{100k\Omega}\right) * 4.666$$

$$R_{18} = 7.15k\Omega$$

## 2.7 TABLEAU DES 8 POSSIBILITÉS DE TENSION (V+ DE U1D) CALCULÉES, SIMULÉES ET RÉELLES.

Tableau 2: 8 possibilités de tension

| État sortie 1 | État sortie 2 | État sortie 3 | Calculées | Simulées                      | Réelles |
|---------------|---------------|---------------|-----------|-------------------------------|---------|
| 0V            | 0V            | 0V            | 0V        | $5.96 \cdot 10^{-6} \text{V}$ | 7.48mV  |
| 0V            | 0V            | 5V            | 0.71V     | 0.71V                         | 0.72V   |
| 0V            | 5V            | 0V            | 1.42V     | 1.42V                         | 1.425V  |
| 0V            | 5V            | 5V            | 2.13V     | 2.14V                         | 2.14V   |
| 5V            | 0V            | 0V            | 2.85V     | 2.85V                         | 2.85V   |
| 5V            | 0V            | 5V            | 3.56V     | 3.56V                         | 3.56V   |
| 5V            | 5V            | 0V            | 4.27V     | 4.28V                         | 4.267V  |
| 5V            | 5V            | 5V            | 4.98V     | 4.99V                         | 4.95V   |

## 2.8 TABLEAU DES PIÈCES CALCULÉES ET CHOISIES

Tableau 3: pièces calculées et choisies

| Pièces     | Calculées            | Pièce choisies      |
|------------|----------------------|---------------------|
| R1, R5, R9 | $82.5\Omega$         | $81.5\Omega$        |
| R3         | $300\Omega$          | $300\Omega$         |
| R18        | $7.15\text{k}\Omega$ | $7.2\text{k}\Omega$ |
| R19        | $50\text{k}\Omega$   | $50\text{k}\Omega$  |
| R20        | $280\text{k}\Omega$  | $280\text{k}\Omega$ |

## 3. CONCLUSION

En conclusion, le but de cette problématique était de se familiariser avec les suiveurs de ligne ainsi qu'avec les amplificateurs opérationnelles (fonctionnement de ceux-ci). De plus, on peut remarquer une très légère différence entre les résultats calculés, simulés et les résultats obtenus en pratique.