Code : RDC235961

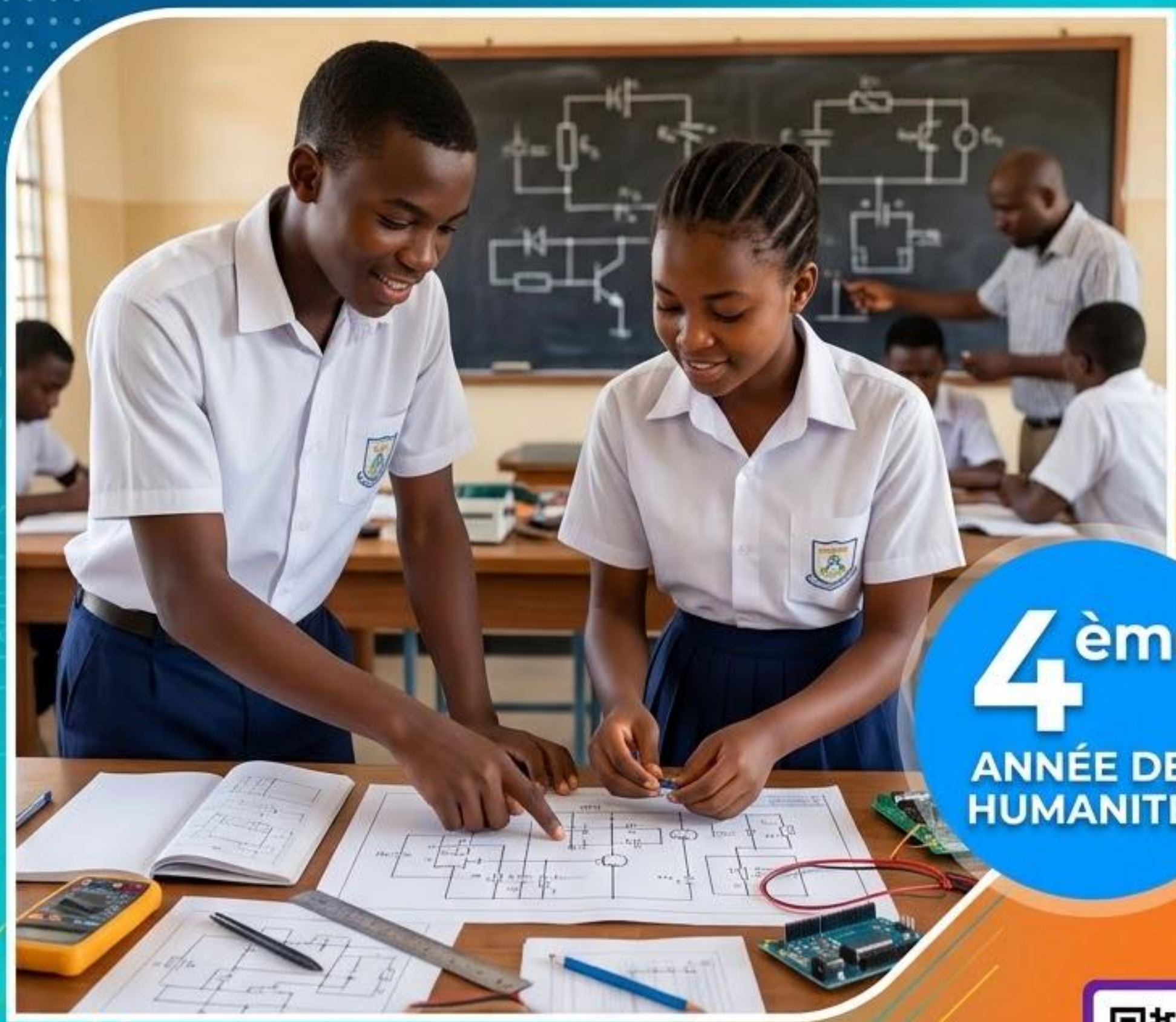
Conforme au programme de la RDC

DESSIN ÉLECTRONIQUE

Maîtriser la création de schémas et circuits.

DOMAINE : SCIENCES APPLIQUÉES

OPTION ÉLECTRONIQUE



4ème ANNÉE DES HUMANITÉS

ÉDITION 2026



TABLE DES MATIÈRES

PRÉLIMINAIRES **1**

1. Objectifs Généraux du Cours 1
   - 1.1. Acquisition des Normes et Conventions 1
   - 1.2. Développement de la Compétence en Saisie de Schémas 1
   - 1.3. Maîtrise des Techniques de Routage de Circuits Imprimés 1
   - 1.4. Autonomie dans la Production des Dossiers de Fabrication 1

2. Compétences Visées 2
   - 2.1. Maîtrise de la Représentation Schématique 2
   - 2.2. Transition du Schéma au Circuit Imprimé 2
   - 2.3. Maîtrise des Outils de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) 2
   - 2.4. Génération et Exploitation des Fichiers de Fabrication 2

3. Approche Pédagogique 3
   - 3.1. Primauté de l'Approche par Compétences (APC) 3
   - 3.2. La Démarche Inductive Appliquée 3
   - 3.3. Articulation Systémique entre Schématique et Pratique 3

PREMIÈRE PARTIE : CONCEPTION DE SCHÉMAS DE GÉNÉRATEURS DE SIGNAUX **4**

L'essence du signal électrique 4

La nécessité des générateurs 4

Les architectes du signal : les oscillateurs 4

Le schéma comme plan de construction 4

CHAPITRE 1 : SCHÉMATISATION DES MULTIVIBRATEURS À TRANSISTORS **5**

1.1. Le multivibrateur astable : le clignotant 5
   - a. Le principe de l'instabilité 5
   - A. Structure et composants clés 5

FIGURE 1 : RÉF. IMG (4869-4311-8004) **7**

Schéma de principe du multivibrateur astable à deux transistors NPN 7
   - B. Le cycle d'oscillation 7

1.2. Le multivibrateur monostable : la temporisation 10
   - a. Le temps maîtrisé 10

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

Figure 1 : Réf. IMG (4869-4311-8004)

Schéma de principe du multivibrateur astable à deux transistors NPN

a. Le cœur oscillant

Au centre du schéma, les deux transistors T_1 et T_2 travaillent en opposition. Quand T_1 est conducteur (saturé), T_2 est bloqué. Inversement, quand T_2 conduit, T_1 est bloqué. Cette opposition est la source de l'oscillation. Le circuit ne peut jamais se stabiliser avec les deux transistors dans le même état. Chaque transistor force l'autre à changer d'état, créant un cycle sans fin.

b. Les condensateurs de couplage

Les condensateurs C_1 et C_2 agissent comme des messagers temporels. Prenons C_1 : il relie le collecteur de T_2 à la base de T_1. Lorsque T_2 se bloque, son potentiel de collecteur augmente brusquement. Cette hausse de tension se propage à travers C_1 pour charger la base de T_1 et le faire conduire. Ils déterminent, avec les résistances de base, la durée de chaque état.

c. Les résistances de polarisation

Les quatre résistances (R_{B1}, R_{B2}, R_{C1}, R_{C2}) fixent les conditions de fonctionnement électrique. Les résistances de collecteur R_C limitent le courant pour protéger les transistors. Les résistances de base R_B permettent aux condensateurs de se charger et de porter le potentiel de base des transistors au seuil de conduction (environ 0,7V), déclenchant ainsi le basculement.

B. Le cycle d'oscillation

Le fonctionnement est une boucle logique. Supposons au démarrage que le transistor T_1 entre en conduction avant T_2.

1. **État 1** : T_1 est saturé, son potentiel de collecteur V_{C1} est proche de 0V. T_2 est bloqué. Le condensateur C_2 se charge via la résistance R_{B2}.
2. **Basculement** : La tension aux bornes de C_2 augmente. Quand la tension sur la base de T_2 atteint environ 0,7V, T_2 devient conducteur.

MURHULA BAZIKANGE M.
Directeur Editorial
+243 860 655 590

3. **État 2** : T_2 entre en saturation. Son potentiel de collecteur V_{C2} chute à 0V. Cette chute brutale est transmise par C_1 à la base de T_1, qui se bloque instantanément. Le condensateur C_1 se charge alors à travers R_{B1}.
4. **Retour au début** : Le cycle recommence lorsque la tension sur la base de T_1 atteint 0,7V.

La période totale d'oscillation T est la somme des durées de chaque état. Pour un circuit symétrique ($R_{B1}=R_{B2}=R_B$ et $C_1=C_2=C$), la formule est :

$$T \approx 1.38 \times R_B \times C$$

Anecdote : Le dépannage du poste radio à Mbandaka

Fiston, un jeune technicien autodidacte de Mbandaka, dans la province de l'Équateur, tentait de réparer la vieille radio de son grand-père. Le son fonctionnait, mais la petite LED rouge de mise sous tension restait désespérément éteinte. Autrefois, elle clignotait doucement. En ouvrant le boîtier, il reconnut immédiatement un montage familier appris en classe : un multivibrateur astable. Deux petits transistors, quatre résistances et deux condensateurs électrochimiques.

Armé de son multimètre, il vérifia les tensions. Tout semblait normal, sauf le rythme. Il suspecta les condensateurs, souvent les premiers à vieillir. En dessoudant l'un d'eux, il vit une petite boursouflure à sa base, signe d'une défaillance. Il le remplaça par un condensateur de même valeur récupéré sur une vieille platine. Une fois la radio rebranchée, la magie opéra : la LED se remit à clignoter, lente et régulière. Le cœur de la radio battait à nouveau.

Exercice 1 : Le clignotant pour vélo de Papa Yenga

Énoncé : Papa Yenga, habitant à Kisangani, dans la Tshopo, veut ajouter un feu de sécurité clignotant sur son vélo pour être visible la nuit. Le circuit doit faire clignoter une LED une fois par seconde ($f=1$ Hz). On utilise un montage symétrique alimenté en 9V. On choisit une résistance de base $R_B=100$ kΩ. Calculez la valeur du condensateur C nécessaire.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Déterminer la période d'oscillation** La fréquence est $f=1$ Hz. La période T est l'inverse de la fréquence. $T=1/f=1/1=1$ s.

2. **Étape 2 : Appliquer la formule du multivibrateur symétrique** La formule est $T \approx 1.38 \times R_B \times C$.

3. **Étape 3 : Isoler et calculer la capacité C** On réarrange la formule pour trouver C. $C = T / (1.38 \times R_B)$ $C = 1 / (1.38 \times 100 \times 10^3)$ $C \approx 0.00000724$ F, soit 7.24 µF.

4. **Étape 4 : Choisir une valeur normalisée** La valeur calculée n'est pas standard. La valeur normalisée la plus proche est 6.8 µF. On choisira donc deux condensateurs de 6.8 µF pour réaliser le montage. Le clignotement sera très proche de 1 Hz.

Exercice 2 : La guirlande de Noël à Lubumbashi

Énoncé : Maman Alphonsine à Lubumbashi (Haut-Katanga) constate que sa guirlande à deux LED (une rouge, une verte) clignote de manière inégale. La LED rouge reste allumée plus longtemps que la verte. Après inspection, le circuit est un multivibrateur astable avec $C_1 = C_2 = 10$ µF, mais les résistances de base sont différentes : $R_{B1} = 47$ kΩ et $R_{B2} = 82$ kΩ. La LED rouge est pilotée par T_1 et la verte par T_2. Calculez la durée d'allumage de chaque LED.

Résolution pas-à-pas :

1. **Étape 1 : Identifier le circuit asymétrique** Les résistances de base R_{B1} et R_{B2} sont différentes. Le cycle ne sera pas de 50/50.

2. **Étape 2 : Calculer la durée d'allumage de la LED verte (t_1)** La LED verte est allumée quand T_2 est saturé. Cette durée est contrôlée par le temps de charge de C_1 à travers R_{B1}. $t_1 \approx 0.69 \times R_{B1} \times C_1$ $t_1 \approx 0.69 \times 47 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6}$ $t_1 \approx 0.324$ s.

3. **Étape 3 : Calculer la durée d'allumage de la LED rouge (t_2)** La LED rouge est allumée quand T_1 est saturé. Cette durée est contrôlée par le temps de charge de C_2 à travers R_{B2}. $t_2 \approx 0.69 \times R_{B2} \times C_2$ $t_2 \approx 0.69 \times 82 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-6}$ $t_2 \approx 0.566$ s.

4. **Étape 4 : Conclure sur le clignotement** La LED verte reste allumée environ 324 ms, tandis que la LED rouge reste allumée environ 566 ms. Cela confirme l'observation de Maman Alphonsine : le clignotement est bien asymétrique.

1.2. Le multivibrateur monostable : la temporisation

a. Le temps maîtrisé

Pendant que la clepsydre mesurait le temps avec de l'eau, et le sablier avec du sable, l'électronique a cherché son propre métronome. Le besoin de créer des durées précises, des attentes calibrées au millième de seconde, est au cœur de nombreux systèmes automatisés.

Ce contrôle du temps n'est pas de la magie. Il repose sur des circuits capables de maintenir un état pendant une durée calculée avant de revenir à leur position initiale. C'est le principe de la temporisation, un pilier de la logique séquentielle.

A. Anatomie d'un circuit à mémoire temporaire

Un multivibrateur monostable possède un seul état stable. Il y reste indéfiniment jusqu'à ce qu'une impulsion extérieure, appelée "trigger", le force à basculer dans un état instable. Il ne reste dans cet état que pour une durée déterminée par ses composants, puis retourne de lui-même à son état stable initial. Son rôle est de générer une impulsion de durée calibrée en réponse à un événement court.

Le circuit reste figé dans cette configuration. Une impulsion externe sur la base appropriée est nécessaire pour inverser la situation et faire basculer le circuit dans son second état stable (T1 bloqué, T2 saturé).

[IMAGE: Schéma de principe d'un multivibrateur bistable à deux transistors NPN]

a. Structure symétrique

Le schéma montre deux transistors identiques, T1 et T2. Le collecteur de chaque transistor est connecté à la base de l'autre via un réseau de résistances (R2 et R3). Les résistances R1 et R4 sont les résistances de charge des collecteurs. Cette symétrie est la clé des deux états stables. Les points S (Set) et R (Reset) sont les entrées de commande, généralement couplées par des condensateurs pour n'accepter que les impulsions brèves.

b. Les sorties complémentaires

Les sorties du circuit sont prélevées sur les collecteurs des transistors. Elles sont notées Q (sortie de T2) et $\overline{Q}$ (sortie de T1). Le symbole "barre" ($\overline{\ }$) signifie "inverse" ou "complément". Lorsque Q est à l'état haut (logique 1), $\overline{Q}$ est obligatoirement à l'état bas (logique 0), et inversement. Ces deux sorties sont toujours l'opposé l'une de l'autre.

c. Commande par impulsion

Une impulsion positive brève sur l'entrée S (Set) force la sortie Q à passer à l'état 1. Une impulsion sur R (Reset) force Q à l'état 0. La bascule "mémorise" ainsi la dernière commande reçue.

B. Applications : Mémoire et division de fréquence

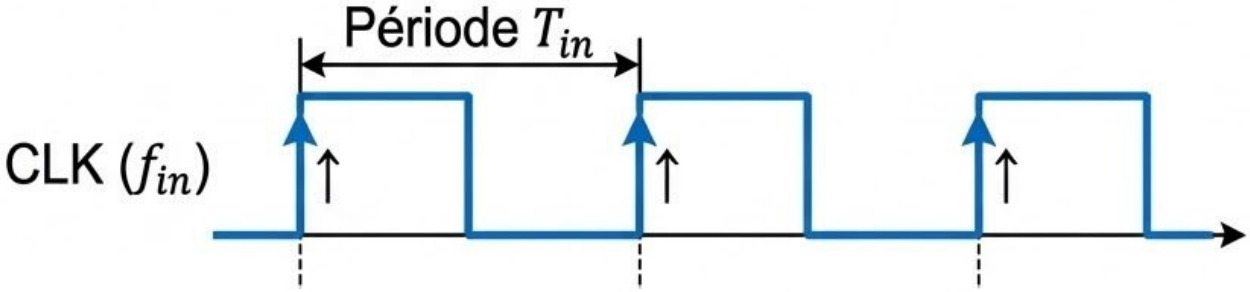
En raison de sa capacité à "retenir" un état, l'application la plus directe de la bascule est la cellule mémoire de 1 bit. L'état Q=1 représente un "1" binaire, et l'état Q=0 représente un "0" binaire. Des millions de ces bascules forment la mémoire vive statique (SRAM) de nos ordinateurs et téléphones.

Une autre application majeure est la division de fréquence. En configurant une bascule pour qu'elle change d'état à chaque front montant d'un signal d'horloge, la fréquence du signal en sortie est précisément la moitié de celle en entrée.

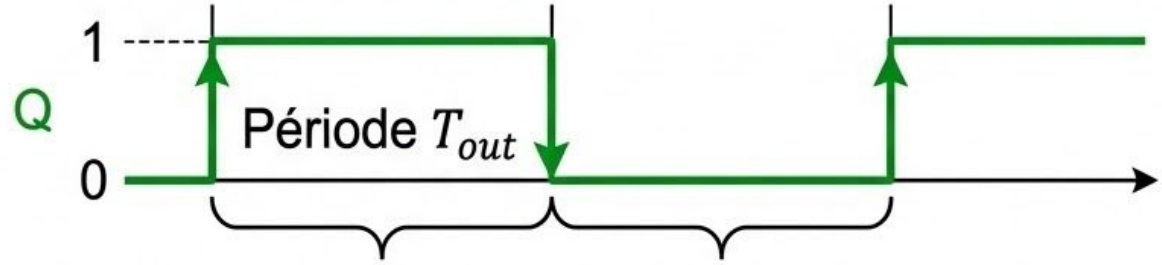
Figure 3 : Réf. IMG (1266-4473-1368)

Chronogramme illustrant la **division de fréquence par une bascule**

Signal d'horloge d'entrée (CLK) : $f_{in} = 1/T_{in}$.
Déclencheur sur fronts montants (↑).



Sortie Q : Changement d'état (bascule) uniquement sur fronts montants de CLK.



$$T_{out} = 2 \times T_{in}$$

Conclusion : Division de fréquence par 2.

Période de sortie : $T_{out} = 2 \times T_{in}$

Fréquence de sortie : $f_{out} = 1/T_{out} = 1/(2 \times T_{in})$

Donc : $f_{out} = \frac{f_{in}}{2}$

Figure 3 : Réf. IMG (1266-4473-1368)

Chronogramme illustrant la division de fréquence par une bascule

a. Le signal d'horloge d'entrée (CLK)

Le graphique supérieur représente un signal carré périodique, appelé signal d'horloge (CLK), avec une fréquence f_{in}. Ce signal sert de déclencheur. Les flèches verticales indiquent les fronts montants, moments où le signal passe de bas en haut. C'est à ces instants précis que la bascule est autorisée à changer d'état. L'intervalle entre deux fronts montants est la période T du signal.

b. La sortie Q qui bascule

Le graphique inférieur montre le signal de sortie Q. Initialement à 0, la sortie passe à 1 au premier front montant de CLK. Elle reste à 1 jusqu'au front montant suivant, où elle bascule à 0. Elle ne rebasculera à 1 qu'au troisième front montant. On observe que l'état de la sortie ne change que sur les fronts actifs de l'horloge.

c. Une fréquence de sortie divisée par deux

Pour que la sortie Q effectue un cycle complet ($0 \rightarrow 1 \rightarrow 0$), il faut deux cycles complets du signal d'horloge CLK. Par conséquent, la période du signal de sortie est deux fois plus longue que celle du signal d'entrée ($T_{out} = 2 \times T_{in}$). Comme la fréquence est l'inverse de la période ($f = 1/T$), la fréquence de sortie est la moitié de la fréquence d'entrée :

$$f_{out} = \frac{f_{in}}{2}$$

b. Scénarios et Exercices

Papa Wemba chantait que la vie est faite de choix. La bascule bistable, elle, ne connaît que deux options et s'y tient fermement ! C'est un peu comme un fonctionnaire à la poste de Matadi : soit le dossier est complet et il passe, soit il est incomplet et il attend. Il n'y a pas d'entre-deux. Un jour, un jeune étudiant en électronique à l'ISP-Gombe a eu une révélation en observant le va-et-vient