

SYSTEMES LOGIQUES
PROJET DE FIN DE SEMESTRE

1. DÉROULEMENT DU PROJET

Un projet est organisé dans les dernières semaines du semestre. Le but du projet est de mettre en pratique les compétences acquises dans les parties théoriques et au cours des travaux pratiques dans le contexte d'un projet complexe impliquant des contraintes proches d'un produit commercial simple.

Le projet peut être débuté dès la réception du sujet, mais au plus tard dès la fin du TP04. Le projet est effectué par groupes de deux étudiants. Les salles de TPs ne sont à disposition en dehors des heures de cours uniquement s'il n'y a pas cours, et dans le cadre des directives EPFL relatives au COVID-19. Il est recommandé d'installer les logiciels sur des ordinateurs privés afin de travailler avec des horaires souples. Le descriptif de l'installation est fourni sur le site Moodle du cours; un support supplémentaire à l'installation n'est pas possible.

2. SUJET

Le projet consiste dans le développement d'un réveil-matin de voyage avec fonctions annexes, qui soit contrôlé par un nombre minimal de boutons (deux à trois boutons-poussoirs, DIP-Switches), et affiche sur un affichage limité (six afficheurs à 7-segments). L'utilisation d'une carte périphérique est obligatoire.

Une exemple est proposé en annexe, présentant un réveil-matin de voyage commercial.

Le coeur du problème réside en le fait que le nombre de boutons-poussoirs nécessaires au contrôle sont limités (deux ou trois, plus le banc de DIP-Switches) et l'affichage est limité (six caractères). La solution réside dans le développement de plusieurs modes d'opérations qui constituent la machine d'états finis générale du système. La machine d'état générale doit être développée suivant la méthode présentée au cours, et les DIP-switches ne doivent pas servir à contrôler/générer la machine d'états principale (FSM générale).

Méthode de développement proposée

- effectuez une étude sur papier afin d'identifier l'architecture du projet (les blocs et leur interconnexions) ainsi que les spécifications (fréquence minimale, etc), puis
- développez une machine d'états finis générale simple, ainsi que quelques modules simples (heure, chronomètre) qui lui sont rattachés comme sous-modules et validez votre méthode de travail par un test sur la carte; puis,
- développez des modules plus complexes indépendamment, validez-les, puis seulement à ce moment rattachez-les à la FSM générale.

3. DÉLIVRABLES

Trois livrables sont requis, qui doivent être téléchargés sur le site Moodle du cours, au plus tard le 09.12.2024, à 08:00. Un seul étudiant par groupe fournit les livrables. Les trois documents sont les suivants:

- un fichier .circ développé sous logisim-evolution et qui contient la totalité du projet, dans sa dernière version parfaitement fonctionnelle sur la carte DE10-Lite;
- une vidéo de démonstration succincte (3 minutes maximum, 100 MB);
- un rapport concis de trois pages, format A4.

Le rapport sera organisé de la façon suivante. Une première page sert à la description générale du projet, et à un mode d'emploi. Les deux pages suivantes présentent les solutions techniques apportées, comprenant une description de la machine d'états finis générale, des machines d'états secondaires spécialement intéressantes (incluant la solution à l'utilisation du périphérique), ainsi que une description de solutions techniques originales apportées à la résolution de problèmes rencontrés dans le développement; présentez des schémas inspirés de logisim-evolution, dans un format synthétique dont la lisibilité soit adaptée à un rapport, des diagrammes temporels, des schémas-blocs ou diagrammes de flux, respectivement les mieux adaptés à supporter vos explications.

4. PRÉSENTATION DU PROJET

La démonstration du projet se fait par le moyen d'une vidéo brève de trois minutes au maximum présentant les diverses fonctionnalités réalisées. La vidéo peut être réalisée par des moyens légers (téléphone cellulaire, par exemple) et aucun montage n'est nécessaire. Il est important par contre que les fonctionnalités soient démontrées et expliquées et il est donc important que la présentation soit très bien préparée et organisée. Il n'y a pas de défense à proprement parler, consistant en une argumentation des solutions apportées; le rapport sera utilisé à cette fin.

5. RENDU DU MATÉRIEL

Les cartes DE10-Lite et périphériques seront collectés selon l'horaire suivant:

- Lundi 09.12.2024 en CO-2 de 15:15 à 17:00.

La totalité du matériel en prêt doit être rendu à cette occasion, et les pannes doivent être annoncées. Aucune note ne sera donnée au cours sans rendu de la carte. Une alternative sera préparée et placée sur le site Moodle si les conditions sanitaires ne permettent pas la remise aux dates ci-dessus.

6. NOTATION

La notation du projet sera basée sur les éléments suivants

- fonctionnalité du projet,
- rapport (qualité, précision des explications),
- développement modulaire et hiérarchique,
- présentation (vidée claire et préparée).

L'extension des fonctionnalités implémentées permettra de déterminer une note cible.

- Fonction implémentée parfaitement fonctionnelle: gestion des fonctionnalités de base du réveil-matin (heure et affichage, set d'une heure de réveil et alarme sonore); note maximale: 5.0.

- Fonctionnalités additionnelles (deux fonctions simples): par exemple chronomètre, countdown, etc.; note maximale: 5.5.
- Fonctionnalités additionnelles (plus de deux fonctions, complexes (en plus des fonctionnalités additionnelles)): fonctions originales complexes supplémentaires (pseudo-graphique d'animation complexe des LEDs, programmation des messages défilants (enregistrement de messages), animation de LEDs 7-segment complexes, accès à des périphériques supplémentaires, jeu, musique, etc.); note maximale 6.

Le non respect de l'utilisation de la carte périphérique entraine un retrait: pas de carte ni buzzer: -1.5 pt; uniquement buzzer utilisé: -1.0 pt.

7. RAPPEL: FORMATION DE LA NOTE FINALE

Selon l'information que vous avez reçue en début du semestre, également reportée sur la page web du cours (<https://moodle.epfl.ch/course/view.php?id=15423>), et en conformité avec l'Ordonnance générale sur le contrôle des études à l'Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, la note finale est formée pour 30% du résultat du projet et pour 70% du résultat du contrôle écrit des connaissances.

8. ANNEXES

Annexe 1: Méthode proposée au développement du circuit de contrôle de la carte périphérique.

Annexe 2: Exemple de réveil-matin numérique commercial implémentant des fonctionnalités de base (extrait de mode d'emploi). [1].

9. ANNEXE 1: CARTE PÉRIPHÉRIQUE

Une carte périphérique disposant d'un buzzer (haut-parleur piezo-électrique), d'une molette contrôlant un encodeur et d'un point de mesure (PM1) qui permet d'effectuer une mesure de la fréquence effective reçue au transducteur au moyen de l'oscilloscope, est proposée à l'utilisation du projet. Une méthode possible pour le développement du circuit de contrôle est proposée dans la suite qui aboutit à une solution possible.

9.1 PARTIE MATÉRIELLE

La carte périphérique et ses connexions sont présentées en Figure Figure 9.1.

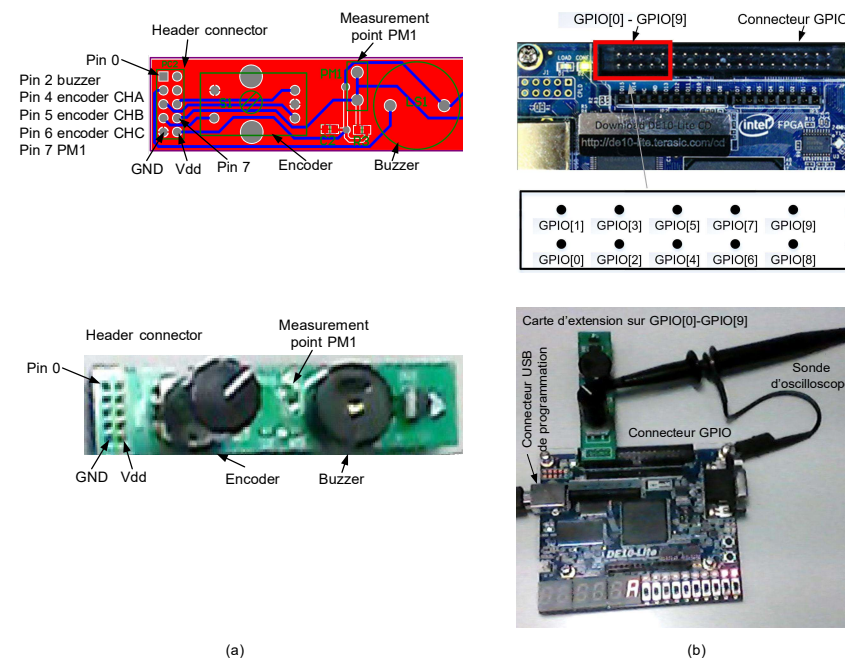


Figure 9.1: (a) Carte périphérique: layout du PCB, vue du dessus (en transparence) et photo correspondante, et (b) DE10-Lite indiquant les connexions utilisées pour connecter la carte périphérique, et photo du système monté, avec une sonde sur PM1.

La carte est placée sur le connecteur d'extension GPIO de la carte DE10-Lite. Les pins situées vers le "haut" de la carte (côté du connecteur USB de programmation) sont utilisées. Ces pins sont nommées GPIO[0] à GPIO[9]. Elles ont été programmées en pull-up; une résistance interne à la FPGA sert à cet effet. Les autres pins du port GPIO ne sont pas utilisés dans cet exemple; par exemple, GPIO[10] = Vdd, GPIO[11] = GND, etc.

Ainsi, lors de l'utilisation du module FPGA Commander dans logisim-evolution, il faudra aussi configurer correctement les pins du port GPIO, afin que les signaux du circuit logique soient connectés correctement aux pins de la carte d'extension. L'oscilloscope peut être utilisé pour vérifier les bonnes connexions.

9.2 DÉVELOPPEMENT DU CIRCUIT DE CONTRÔLE

Le buzzer est constitué d'un haut-parleur piézo-électrique placé dans une cage de résonance en plastic. Un signal carré de fréquence contrôlée lui est transmis qui est transduit en son.

Le bouton rotatif permet la génération de plusieurs signaux selon un encodage précis. Les circuits qui doivent être développés consistent donc en un décodeur qui transforme les signaux reçus en signaux interprétés qui peuvent être facilement traités. Les étapes proposées pour la conception du décodeur sont les suivantes.

1. La fonctionnalité de l'encodeur peut être présentée par les signaux observés en sortie, ainsi que par une suite d'états (il s'agit des états de l'encodeur; il ne s'agit pas d'une machine d'états finis à développer). Ces deux formulations sont équivalentes et sont présentées en Figure 9.2. Lors d'une rotation dans le sens horaire (CW), le signal A précède le signal B; lors d'une rotation dans le sens anti-horaire (CCW), le signal B précède le signal A. Le sens de rotation est détecté par le signe de la phase de A-B.

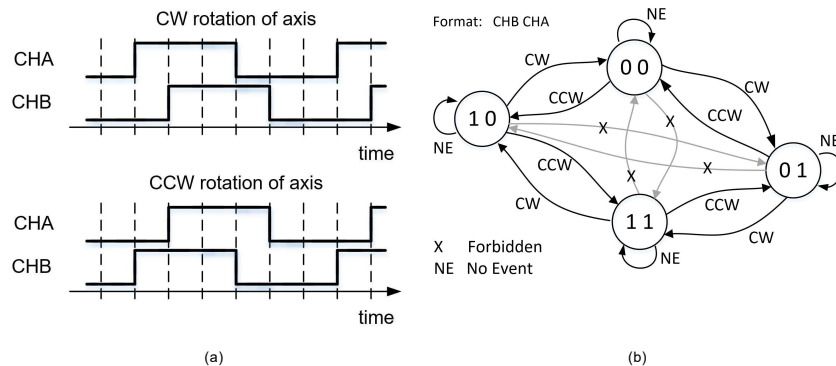


Figure 9.2: (a) Signaux transmis par l'encodeur sur les lignes A et B lors d'une rotation de l'axe. (b) Diagramme de transition d'états de l'encodeur.

Chacune de deux formulations en Figure 9.2 peut être utilisée afin de générer une table de transition. Cette table comprend comme entrée les valeurs courantes ainsi que les valeurs précédentes des signaux A et B (CHA pour channel A, et CHB pour channel B). En sortie, la table présente deux signaux. Un signal (dir) indique la direction de rotation, et un deuxième signal (cnt_en) indique que l'axe a subi une rotation d'un cran.

Les signaux dir et cnt_en sont indépendants, et peuvent donc être traités séparément. En étudiant les parties de la table de transitions qui ne concernent que la sortie dir, il est possible de comprendre quelles conditions logiques des signaux d'entrée génèrent le signal dir de façon simple. Un circuit équivalent peut être trouvé. De même, le signal en_cnt qui détecte une rotation d'un cran de la molette dépend de conditions sur les signaux d'entrée qui se traduisent par une expression logique, puis sous forme de circuit équivalent. Le développement du cœur du décodeur est terminé.

Le signal présenté sur le canal C correspond à une pression verticale sur la molette. Le décodage est immédiat.

2. Les signaux présentés sur les canaux A et B sont sujets à des rebonds. Avant de les présenter en entrée du décodeur, ceux-ci doivent subir un filtrage numérique qui élimine l'effet d'un rebond. Plusieurs réalisations sont possibles, et toutes dépendent de la durée du rebond, par rapport à l'horloge du système.

Par exemple, il est possible de poser comme condition de validité d'un signal que celui-ci doit être stabilisé au cours de trois valeurs successives. Il faut donc mémoriser quatre échantillons consécutifs, puis comparer les trois derniers. La valeur de sortie est décidée est celle des trois derniers échantillons si ils sont identiques, sinon il n'y a pas de changement (valeur précédemment mémorisée). Ce filtre comprend quatre DFF chaînés, et une logique de décision traitant la sortie des trois derniers DFFs. D'autres filtres basés sur des compteurs contrôlés sont possibles.

3. Les informations utiles à extraire du décodeur consistent en le sens de rotation, et le nombre de pas de rotation qui permettent de calculer la position d'un dispositif rotatif, ou de progresser dans les états d'une machine d'états finis.

Le signal en_cnt détecte un flanc sur l'un ou l'autre des canaux et à cette occasion génère une impulsion. Cette impulsion est utilisée comme horloge d'un compteur. Le compteur reçoit le signal de sens afin d'incrémenter ou décrémenter et ainsi, il stocke le nombre d'incréments de la molette.

Le signal dir généré précédemment pourrait être un signal instantané qui donne le sens de la dernière rotation puis reprend une valeur de repos. Cela dépend de la logique de décodage choisie. Si cette condition était remplie, alors il est nécessaire de garder la valeur de dir constante, c'est-à-dire de la mémoriser. Le signal en_clk est utilisé afin de choisir le moment de la mémorisation.

4. Finalement, le circuit peut être téléchargé sur la carte DE10-Lite, et la carte périphérique connectée. Le résultat du compteur peut être affiché sur un afficheur sept segment, et le sens de la rotation sur une diode; le buzzer peut être utilisé. Le type d'encodeur et son montage sur des canaux de la FPGA qui sont configurés en pull-up peut générer les deux événements sur A et B à chaque rotation d'un cran. Le compteur est ainsi incrémenté de deux à chaque rotation d'un cran. Par exemple, l'usage d'une T-FF placée sur l'entrée d'horloge du compteur (au lieu de en_cnt) permet de diviser la fréquence du signal en_cnt par deux.

Le module développé peut être utilisé comme un bloc participant au projet complet

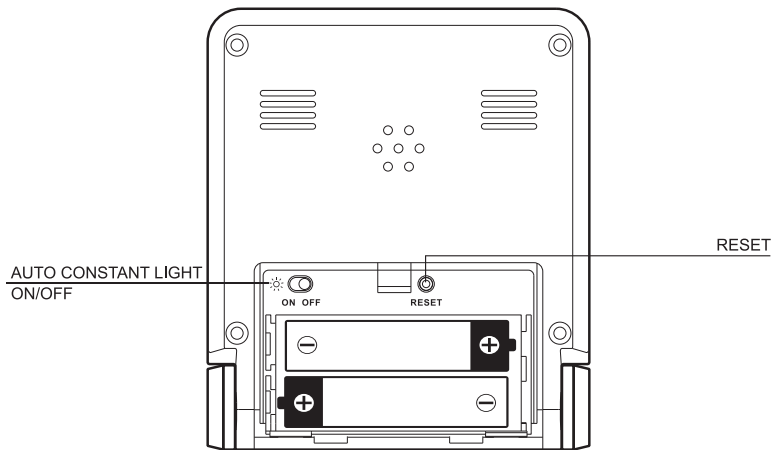
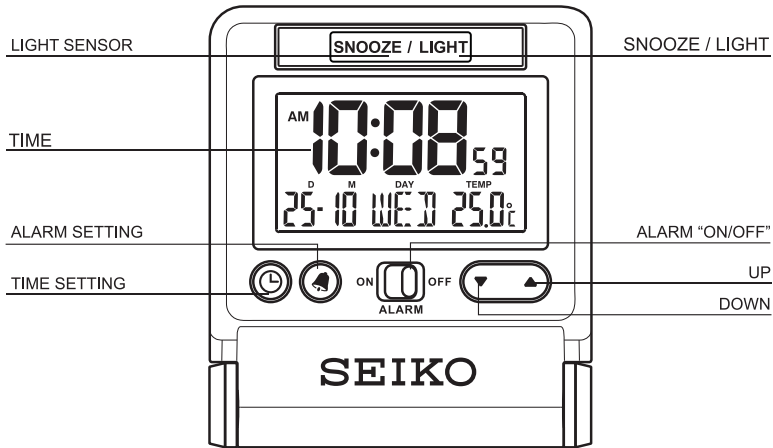
RÉFÉRENCES

- [1] Seiko alarm-clock manual.

SEIKO

- INSTRUCTION MANUAL
- MANUAL DE INSTRUCCIONES
- MODE D’EMPLOI
- BEDIENUNGSANLEITUNG
- 使用说明书

Thank you for purchase of our SEIKO clock.
Please read this instruction manual carefully before use.



[ENGLISH] INSTRUCTION MANUAL

CAUTION

<Remarks on batteries>
Please be sure to observe the following correct battery usage. Misusing batteries may cause leakage or a battery explosion, which may result in a malfunction of the clock or personal injury.
1. Insert batteries into the battery holders, locating the plus (+) and minus (-) ends correctly.
2. If you replace batteries, replace all of them at one time with new one as specified in this manual.
3. Batteries used in this clock are not rechargeable. Never attempt to recharge the batteries.
4. Do not attempt to solder anything directly to batteries.
5. Do not expose batteries to direct sunlight, heat, or high humidity.
6. When the clock stops, or it is no longer used, remove the batteries.
7. As the initial batteries are inserted at the factory, their actual lives once in your possession may be shorter than the specified period.

SPECIFICATIONS

Calendar: No need of adjustment until the year of 2099
Battery: AAA battery, 2 pieces
Battery life for clock: Approximately 1 year
Alarm: The electronic beep sounds at a designated time for approximately 1 minute and automatically stops.
An approximate every 5-minute snooze function is equipped. (Snooze function can be used repeatedly)
Time setting: Loss/gain (monthly rate) is less than 30 seconds (at normal temperature range between 5 °C and 35 °C)
Operational temperature: between -10 °C and +50 °C (the display can be read between 0 °C and +40 °C)

TEMPERATURE DISPLAY

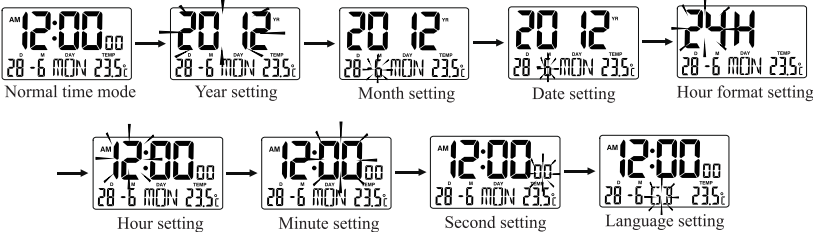
- Temperature accuracy: ± 2 °C (A range between 0 °C and +40 °C)
- Since the sensor is inside the clock, the display does not change immediately after the temperature around the clock changes.

HOW TO USE THE CLOCK

- Remove the protective film slowly on the display before using the clock.
- Slide and open the battery hatch on the rear of the clock and insert 2 "AAA" batteries following the plus (+) and minus (-) polarity diagram correctly and press "RESET" button.
- Press reset button to initiate the unit. Otherwise the unit may not work properly.

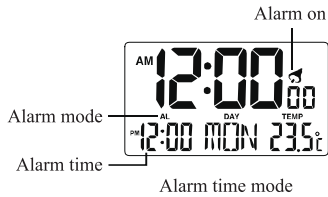
TO SET CALENDAR AND TIME

1. In normal mode, press and hold "TIME SETTING" button for 2 seconds until the year digit flashes.
2. Press "UP" or "DOWN" button to set the year.
3. Press "TIME SETTING" button again to set the time and calendar in this sequence: Year > Month > Date > 12/24 Hour format > Hour > Minute > Second > Language (GB/FR/DE/ES/IT).
4. Press and hold "TIME SETTING" button for 2 seconds to save and exit the setting, or let it exit automatically 30 seconds later without pressing any button.



TO SET ALARM

1. Slide "ALARM ON/OFF" switch to ON position to turn on alarm function with the alarm icon "🔔" displayed on the LCD.
2. In normal mode, press and hold "ALARM SETTING" button for 2 seconds until Hour digit flashes.
3. Press "UP" or "DOWN" button to set the desired value.
4. Press "ALARM SETTING" button until Minute digit flashes and press "UP"/ "DOWN" button to adjust its value.
5. Press "ALARM SETTING" button again to save and exit the setting, or let it exit automatically 30 seconds later without pressing any button.



HOW TO USE LIGHT FUNCTION

SNOOZE/LIGHT:
- Press it to turn on and keep the backlight for 5seconds.
- When the unit is sounding, press it to stop the current alarm and enter snooze.

AUTO CONSTANT LIGHT:

- Slide it to "ON" position to activate auto constant light function. When it is "ON", the backlight will automatically turn on in dim & dark environment detected by the light sensor.
- The brightness of auto constant light is weaker than normal backlight.
- Slide it to "OFF" position to turn off the auto constant light function.

[FRANCAIS] MODE D’EMPLOI

ATTENTION

<Remarques sur les piles>
Respectez les points suivants et utilisez les piles correctement. Leur emploi inadéquat peut causer une fuite de leur électrolyte, voire leur explosion, ce qui risque d’endommager l’horloge ou de provoquer des blessures.
1. Insérez les piles dans les porte-piles en respectant leurs pôles positifs (+) et négatifs (-).
2. Remplacez toutes les piles en même temps par des neuves, conformes aux spécifications indiquées du mode d’emploi.
3. Les piles de cette horloge ne sont pas rechargeables. N’essayez jamais de recharger ces piles.
4. N’essayez jamais de souder directement quelque chose sur les piles.
5. N’exposez pas les piles directement aux rayons du soleil et protégez-les contre une chaleur ou une humidité élevées.
6. Lorsque l’horloge est arrêtée ou que vous ne l’utilisez plus, retirez-en les piles.
7. Comme les piles d’origine ont été insérées en usine, il se peut que leur autonomie, une fois l’horloge en votre possession, soit plus courte que la durée spécifiée.

FICHE TECHNIQUE

Calendrier : Aucun réglage n’est requis jusqu’en 2099
Pile : Type AAA, 2 pièces
Autonomie de la pile de l’horloge : Environ 1 an
Sonnerie : Le bip électronique retentit au moment programmé pendant 1 minute environ, puis il s’arrête automatiquement.
Une fonction Rappel de sonnerie, utilisable de façon répétée, fait retentir la sonnerie toutes les 5 minutes.
Réglage de l’heure : Le gain/perte (moyenne mensuelle) est inférieur à 30 secondes (dans une plage de température comprise entre 5°C et 35°C)
Température de fonctionnement : Entre -10°C et +50°C (l’affichage est lisible entre 0°C et +40°C)

AFFICHAGE DE LA TEMPÉRATURE

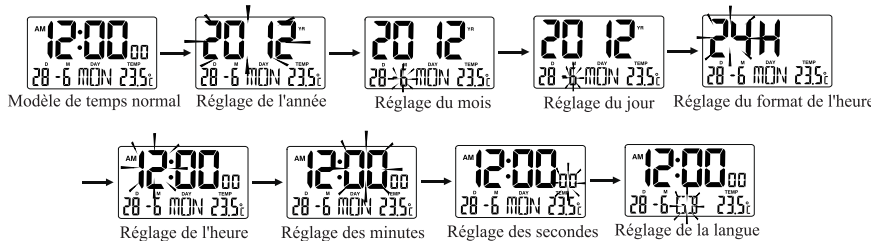
- Précision d’affichage : ±2°C (dans une plage de 0°C à +40°C)
- Comme le capteur est intégré à l’horloge, l’affichage de la température ne change pas dès que varie la température ambiante.

UTILISATION DE L’HORLOGE

- Enlevez délicatement la pellicule protectrice collée sur l’affichage avant d’utiliser l’horloge.
- Glissez le couvercle du logement des piles à l’arrière de l’horloge pour l’ouvrir et insérez correctement 2 piles "AAA" en respectant bien les signes des pôles (+) et (-) indiqués sur le schéma, puis appuyez sur le bouton "RESET".
- Appuyez sur le bouton "RESET" pour initialiser l’appareil. Faute de quoi, il risquerait de ne pas fonctionner correctement.

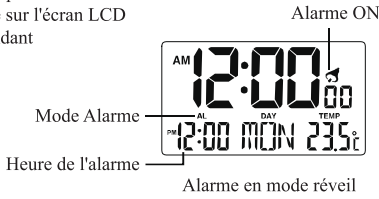
RÉGLAGE DU CALENDRIER ET DE L’HEURE

1. En mode normal, appuyez et maintenez le bouton "CONFIGURER LA DATE" pendant 2 secondes jusqu’à ce que le chiffre de l’année clignote.
2. Appuyez sur les boutons "UP" ou "DOWN" pour définir l’année.
3. Appuyez sur le bouton "TIME SETTING" pour régler l’heure et le calendrier dans l’ordre suivant : Année > Mois > Date > format de l’heure 12/24 > Heure > Minute > Seconde > Langue (GB/FR/DE/ES/IT)
4. Maintenez enfoncé le bouton "TIME SETTING" pendant 2 secondes pour enregistrer et sortir du réglage ou laissez-le sortir automatiquement 30 secondes plus tard sans appuyer sur aucun bouton.



RÉGLAGE DE LA SONNERIE

1. Faites glisser le commutateur "ALARM ON/OFF" sur la position MARCHE pour mettre en marche la fonction d’alarme avec l’icône de l’alarme "🔔" affichée sur l’écran LCD
2. En mode normal, appuyez et maintenez le bouton "ALARM SETTING" pendant 2 secondes jusqu’à ce que le chiffre de l’Heure clignote.
3. Appuyez sur les boutons "UP" ou "DOWN" pour définir la valeur souhaitée.
4. Appuyez sur le bouton "ALARM SETTING" jusqu’à ce que les chiffres de Minute clignent. Et appuyez sur "UP" ou "DOWN" pour modifier sa valeur.
5. Appuyez sur le bouton "ALARM SETTING" pour enregistrer et sortir du réglage, ou laissez-le sortir automatiquement 30 secondes plus tard sans appuyer sur aucun bouton.



UTILISATION DE LA FONCTION LUMIÈRE

RAPPEL D’ALARME/LUMIÈRE

- Appuyez dessus pour activer et maintenir le rétro-éclairage pendant 5 secondes.
- Lorsque l’appareil sonne, appuyez pour arrêter l’alarme actuelle et entrez Rappel d’Alarme.

LUMIÈRE CONSTANTE AUTOMATIQUE

- Glissez à la position "ON" pour activer la fonction lumière constante automatique. Quand il est sur "ON", le rétro-éclairage s’allume automatiquement en environnement sombre et obscur, détecté par le capteur de lumière.
- La luminosité de la lumière constante automatique est plus faible que le rétro-éclairage normal.
- Glissez à la position "OFF" pour désactiver la fonction automatique de lumière constante.