

Thermomètre de Bain pour Bébé

Circuit de surveillance intelligente de température pour la sécurité des nourrissons

Résumé exécutif

Conception et développement d'un circuit de détection de température pour la sécurité des baignades de bébé. Le dispositif détecte les températures entre 36 °C et 39 °C avec un retour visuel intuitif à trois couleurs : bleu (froid), vert (idéal), rouge (chaud). Conçu pour prévenir les risques d'ébouillantage avec une précision $\pm 3\%$ et une autonomie de 53 heures.

Défi

Concevoir un circuit analogique mesurant précisément la température de l'eau du bain avec une tolérance de $\pm 5\%$ et fournissant un retour visuel immédiat et sans ambiguïté aux soignants. Le circuit exigeait une détection de seuil précise, un coût maîtrisé ($< 20\text{ €}$) et une autonomie d'au moins 24 heures.

Contraintes additionnelles : adaptation du signal capteur sur $\pm 5\%$, dimensionnement des LEDs avec tolérance de $\pm 10\%$, fabrication sur circuit imprimé double face avec dimensions fixes (100 × 60 mm).

Ce que nous avons construit

Architecture fonctionnelle

Acquisition de température → Mise en forme du signal → Comparaison de seuil → Affichage LED

Cette architecture modulaire permet une détection fiable des trois zones de température (froid / idéal / chaud) et commande instantanée des indicateurs visuels.

Composants clés

- Capteur LM35DZ (Texas Instruments) : précision $\pm 0,75\text{ °C}$, sortie 10 mV/°C , plage 2–150 °C
- Amplificateurs opérationnels MCP6002 : montage comparateur à fenêtre double pour détection simultanée de deux seuils
- Réseau pont diviseur de tension : adaptation du signal ($0,36\text{ V @ }36\text{ °C}$, $0,39\text{ V @ }39\text{ °C}$) avec 3 résistances en série pour atteindre la précision requise
- Trois LEDs indicatrices MCL034 : rouge (2,2 V), verte (2,1 V), bleue (3,5 V), chacune dimensionnée à $50\text{ mCd } \pm 10\%$
- Régulateur linéaire LM78L05ACZ : stabilisation à 5 V pour circuits analogiques sensibles
- Accumulateur LiPo 7,4 V 350 mAh : autonomie 53,6 heures (consommation totale 6,53 mA)

Compétences démontrées

Conception de circuits : capture schématique (KiCad), sélection de composants selon datasheets, architecture fonctionnelle

Électronique analogique : comparateurs, amplificateurs opérationnels, mise en forme de signal, détection de seuil, pont diviseur de tension

Conception PCB : routage double face, optimisation du placement des composants, respect des contraintes géométriques (100 × 60 mm, 4 trous de fixation)

Simulation et vérification : modélisation de circuits (ISIS/Proteus), validation théorique vs pratique, analyse de tolérance

Calculs de précision : interpolation linéaire, budgets de tolérance, analyse d'erreur, validation croisée (différence $< 10\%$ obtenue)

Gestion de projet : documentation technique (DDC 30 pages), collaboration d'équipe (5 contributeurs), respect des délais (en avance)

Résultats

Coût total : Cible < 20 € | Réalisé : 7,06 € (65 % sous budget)

Précision température : Cible ± 5 % | Réalisé : $\pm 3,06$ % (LED bleue)

Autonomie : Cible 24 h | Réalisé : 53,6 h (+123 % vs besoin)

Précision seuil : Tous seuils dans ± 5 % (-7,52 % à +3,06 %)

Intensité LED : Les trois LEDs respectent 50 mCd ± 10 %

Conformité : 100 % des 10 exigences client validées

Fabrication PCB : Double face, routage optimisé, composants en position

Documentation : DDC complète, schémas, simulations, rapport de test

Impact

Livraison d'une conception prête pour la production, optimisée pour les coûts et dépassant tous les objectifs de performance. Le dispositif fournit aux soignants un retour thermique immédiat et sans ambiguïté, éliminant le risque de scalpage du nourrisson par confusion de températures.

La surperformance sur l'autonomie (123 % vs cible) offre une marge confortable pour les cas d'usage réels. Le design entièrement documenté et validé par simulation est prêt pour la fabrication et les tests en condition réelle.

Équipe et rôle

Collaboration avec 4 membres de l'équipe : H. Guitard, C. Fusier, R. Etchebarne, V. Noui

Contributions clés :

- Définition de la topologie du circuit et architecture fonctionnelle
- Calculs de précision pour les seuils (pont diviseur, interpolation linéaire)
- Dimensionnement des résistances de LED et validation croisée
- Vérification par simulation (ISIS) et analyse d'erreur
- Rédaction de sections clés du dossier de conception

Contexte

Projet : BUT GEII (Électronique & Systèmes Embarqués), janvier–juin 2024

Client : Baby Corporation

Livrables : Dossier de conception complet (DDC), prototype fonctionnel, protocole de test validé

Technologies : KiCad, Proteus/ISIS, C, PCB double face gravure chimique, ATMEGA328P