Mixage et maths

Namrata Dalvi de Microchip Technology décrit une méthode de mixage couleur RGBA à base de communications Bluetooth Low Energy

Gérer précisément et sans fil l'équilibrage couleur de LED peut se faire en utilisant un microcontrôleur 8 bits et un module Bluetooth® 4.1 Low Energy (basse-énergie), pour contrôler le domaine chromatique RGBA (Red Green Blue Alpha, ou rouge vert bleu).

La carte de démonstration de la Fig. 1 est dotée de 4 LED : une rouge, une verte, une bleue et une ambre. La luminosité de chacune de ces LED est contrôlée par le coefficient d'utilisation d'un signal PWM (Pulse Width Modulation, ou modulation de largeur d'impulsion).

Ceci peut être réalisé grâce au microcontrôleur PIC16F1579 de Microchip, qui dispose de quatre circuits PWM 16 bits, permettant de piloter les LED. Les PWM 16 bits permettent une commande précise de la luminosité de chaque LED de couleur, et le mixage des différents niveaux de luminosité RGBA permet d'obtenir les différentes couleurs.

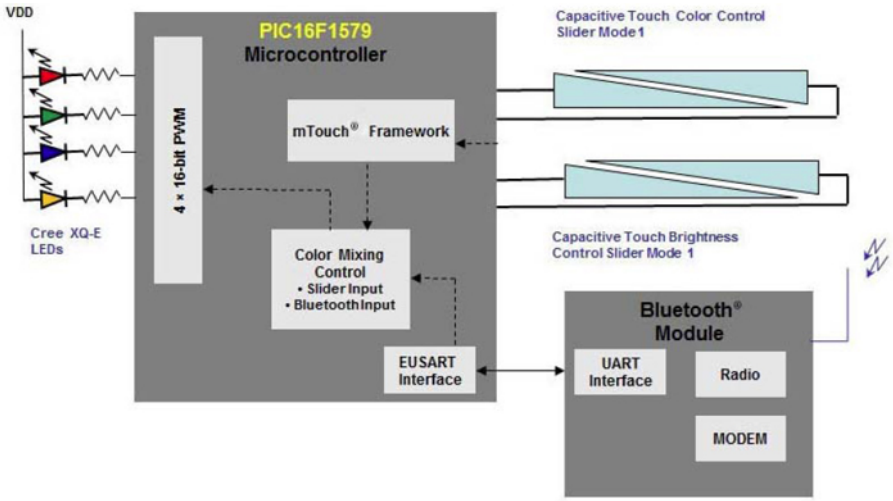


Fig. 1 : Carte de démonstration de mixage couleur RGBA

Grâce à la technologie d'écran tactile capacitif mTouch®, le réglage s'effectue à l'aide de deux curseurs linéaires tactiles. Le module embarqué Bluetooth RN4020 reçoit les valeurs PWM de l'application mobile Android™ ou du programme PC par transmission Bluetooth Low Energy. La carte est alimentée par une batterie AAA de 1.5V.

Eclairage
La lumière produite par les LED varie en fonction de plusieurs facteurs. La luminosité, mesurée en lumens, varie pour les différents

types de LED, et même entre LED de même type. Pour les LED de couleur, la couleur spécifique mesurée par les valeurs de chromaticité diffère d'une LED à l'autre.

Quelques échantillons d'une certaine marque de LED sont mesurés pour définir un certain profil de luminosité et de chromaticité. Les valeurs sont ensuite utilisées comme valeurs typiques pour la conception matérielle et pour les calculs de chromaticité du logiciel. Ce procédé s'appelle ajustement de couleur.

Les valeurs de résistance sont fixées de sorte à ce que chaque couleur produise le même nombre de lumens. Les valeurs des résistances en série avec les LED sont de 820Ω pour le rouge, 400Ω pour le bleu, 500Ω pour le vert et 500Ω pour l'ambre.

Modes de fonctionnement

Il existe deux modes de fonctionnement : le premier utilise un curseur HSVW (Hue Saturation Value plus White, soit valeur de saturation de teinte plus blanc) et un curseur pour la luminosité ; et le second mode est le sélecteur de chromaticité utilisant la transmission Bluetooth Low Energy.

Au démarrage, la carte utilise le premier mode. Il y a deux curseurs tactiles capacitifs sur la carte, un pour régler la couleur et l'autre pour régler le niveau de luminosité.

Si l'on touche au premier curseur alors que l'on est en mode curseur, la couleur choisie sur le curseur est affichée par les LED. La couleur choisie reste affichée jusqu'à ce qu'une autre entrée soit détectée. La luminosité pour une couleur donnée peut être réglée grâce à l'autre curseur.

Pour le deuxième mode, les valeurs PWM (Pulse Width Modulation, ou modulation de largeur d'impulsion) sont sélectionnées à l'aide de l'application mobile Android ou de l'application Windows pour PC. Les valeurs PWM correspondantes sont alors envoyées à la carte par l'intermédiaire de la connexion Bluetooth. L'application utilise la charte de chromaticité CIE 1931 XY. Voir Fig. 2. Les valeurs PWM exactes correspondant à la couleur et à la luminosité choisies sont calculées et envoyées à la carte RGBA par la connexion Bluetooth. Le module Bluetooth de la carte reçoit les valeurs PWM, qui sont utilisées par le micrologiciel de la carte RGBA pour afficher la couleur sélectionnée.

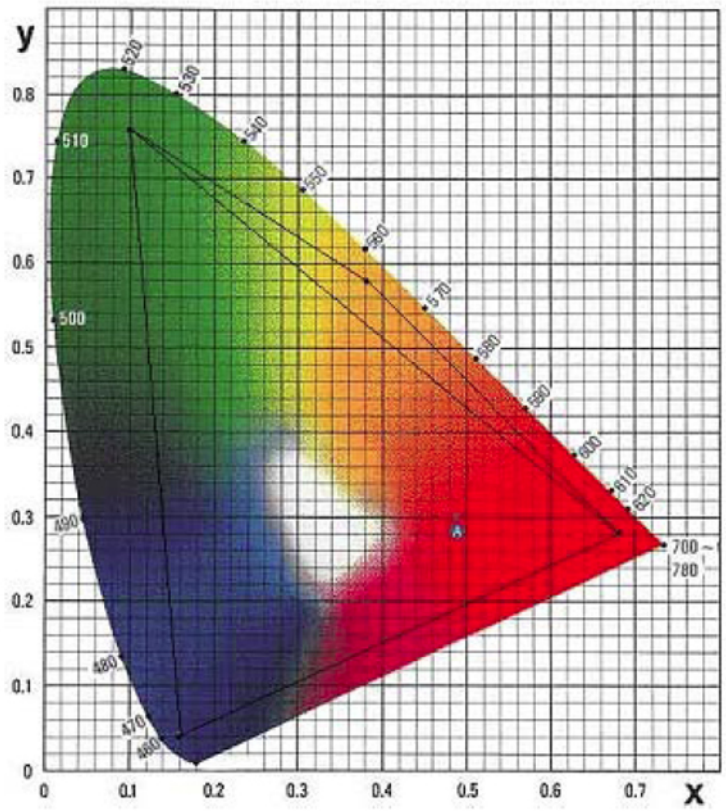


Fig. 2 : L'espace chromatique CIE 1931 avec la gamme de couleur RGBA LED

L’interface graphique utilisateur de l’application sélecteur de chromaticité est constituée du diagramme XY de chromaticité CIE 1931. L'espace chromatique CIE 1931 affiche une large gamme de couleurs en termes de chromaticité (x) et de luminosité (y). Les niveaux de couleur et de luminosité des LED rouge, verte et bleue, une fois tracés sur l'espace chromatique CIE, définissent une triangle recouvrant toutes les teintes qu’il est possible d’obtenir avec ces trois LED ; c’est ce que l’on appelle la "gamme de couleurs".

Pour obtenir une gamme de couleurs plus riche, on ajoute une LED ambre. Les données xy pour la LED ambre sont tracées dans l'espace chromatique xy CIE 1931. Ces données déterminent une autre triangle entre les coordonnées rouge, ambre et vert. Le mixage de rouge, d’ambre et de vert en différentes proportions produit les couleurs de la gamme de couleurs représentée en Fig. 2.
Translator’s note : shouldn’t English text say ‘red, amber, green and blue’ rather than only ‘red,amber and green’ ?
Les applications PC et Android utilisées pour ce mode implémentent l’ algorithme de mixage couleur, pour calculer les valeurs des coefficients d'utilisation PWM nécessaires à produire la couleur souhaitée.

L'application sélecteur de chromaticité envoie les valeurs PWM grâce à la connexion Bluetooth. Ce module de connectivité peut communiquer avec les téléphones portables et les PC équipés de

transpondeurs Bluetooth v4.0 [et ultérieurs]. Le module sert surtout à recevoir les valeurs des coefficients d'utilisation des dispositifs maîtres sur lesquels tournent l'application sélecteur de chromaticité. La configuration broche-à-broche entre le microcontrôleur et le module BLE est indiquée en Fig. 3.

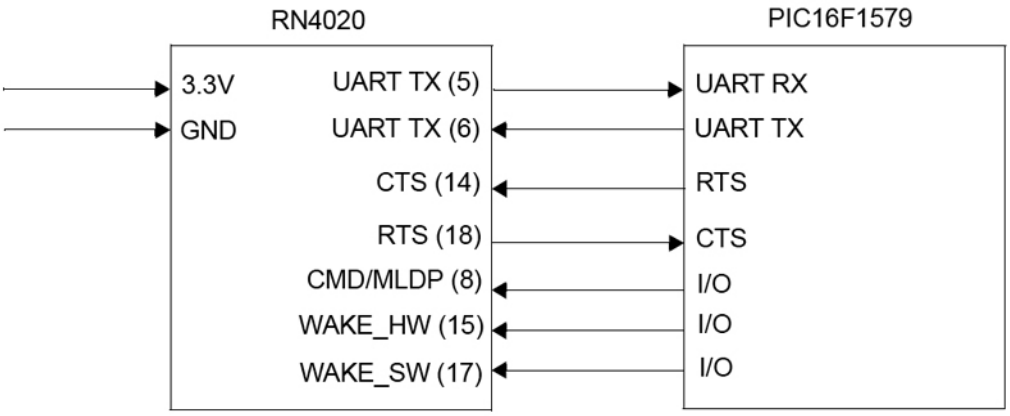


Fig. 3 : Interface entre le module Bluetooth Low Energy à gauche et le microcontrôleur

Communications Bluetooth

Il existe deux types de périphériques Bluetooth : Bluetooth classique et Bluetooth Low Energy (BLE). Un dispositif Bluetooth Low Energy ne peut communiquer qu'avec un autre dispositif BLE ou un dispositif Bluetooth double-mode, doté à la fois de capacités classique et Low Energy (basse énergie). Par conséquent, le dispositif hôte principal doit être BLE, ou Bluetooth double-mode, pour communiquer avec le module RN4020 présent sur la carte RGBA.

Le module est conforme à la spécification Bluetooth v4.1, et l'utilisateur peut le commander grâce aux lignes d'entrée et de sortie et à une interface UART. L'UART supporte des commandes ASCII permettant de contrôler ou de configurer le module pour tout besoin spécifique à l'application.

Logiciel d'application

Quand la carte fonctionne dans l'autre mode, la couleur de LED souhaitée doit être sélectionnée dans le diagramme de chromaticité du sélecteur de chromaticité de l'application de mixage couleur RGBA Windows ou Android. Les coefficients d'utilisation PWM rouge, bleu, vert et ambre, sont calculés par l'application. Les valeurs des coefficients d'utilisation sont transmises à la carte par la connexion Bluetooth Low Energy. L'application PC utilisée a été développée à l'aide de Visual Studio C# .NET. L'application respecte les principes MVC (Model-View-Controller, ou modèle-vue-contrôleur) pour plusieurs classes.

La classe "view controller" RGBA sert de GUI (Graphic User Interface, ou interface graphique utilisateur) ou de gestionnaire de vue, et aussi

de contrôleur pour l'application. Cette classe est au sommet de la hiérarchie responsable de la création de nouveaux objets de classes, et de l'injection de "dépendances". Il gère également tous les "événements" de l'interface graphique et appelle les "méthodes" appropriées.

La classe "calculation" RGBA doit déterminer si le point sélectionné est à l'intérieur du triangle RGB (Rouge-Vert-Bleu) ou du triangle RGA (Rouge-Vert-Ambre), ou s'il est à l'extérieur de ces deux triangles, et calcule aussi les coefficients d'utilisation PWM pour toutes les LED.

La classe "matrix 3x3" implémente toutes les opérations mathématiques matricielles 3x3 telles que : inverse, déterminant, transposition, co-facteur et multiplication. La classe "vector 3" implémente un vecteur colonne de dimension trois, à utiliser dans les calculs matriciels pour la classe "matrix 3x3". La classe "data" RGBA est un type de données spécifique, servant à stocker les valeurs des coefficients d'utilisation PWM de toutes les couleurs.

Dans la classe "wireless communications wrapper" (ou enveloppe de communication sans-fil), l'interface contient toutes les méthodes dont ont besoin les transmissions sans-fil pour mettre en oeuvre l'application RGBA. Cette interface peut être utilisée par n'importe quelle méthode de communication sans-fil, telle que Bluetooth Low Energy ou Bluetooth classique. Les transmissions Bluetooth Low Energy sont assurées à l'aide de la carte RN4020 PICtail™, par l'intermédiaire d'une liaison RS232 en implémentant cette interface sur la carte RGBA.

Le programmeur peut créer une nouvelle classe pour implémenter des transmissions sans-fil en utilisant les bibliothèques Bluetooth Low Energy de Visual Studio ou d'une tierce partie. Cette interface dissocie la mise en oeuvre des transmissions, du contrôleur lui-même. Ainsi, s'il faut implémenter de nouveaux types de communication, le contrôleur de vue et les autres classes restent inchangés.

Les transmissions Bluetooth Low Energy RGBA par l'intermédiaire de la classe "device" RN4020 permettent d'implémenter l'interface d'enveloppe de communications sans-fil pour transmissions Bluetooth Low Energy avec la carte RGBA. On utilise la carte PICtail connectée à un PC par l'intermédiaire d'un UART ou d'un port RS232. Les communications série sont établies et permettent l'envoi des commandes de transmission Bluetooth Low Energy.

La classe "Bluetooth low energy device information" (ou données du dispositif Bluetooth faible énergie) stocke les données de bases relatives au dispositif de connectivité distant : son nom, son adresse et le type de service serveur supporté. Cette information sert à identifier et à se connecter à un appareil distant.

Dans la classe "search result delegate" (ou délégué de résultat de recherche), le délégué réagit à l'événement généré par la classe "Bluetooth Low Energy", une fois qu'il a fini la recherche de dispositifs et que les dispositifs sont disponibles sous forme de liste pour l'utilisateur. Le temps nécessaire pour effectuer la recherche est de dix secondes.

Avec la classe "connection state change delegate" (ou délégué de changement d'état de connexion), le délégué réagit à l'événement généré par la classe Bluetooth Low Energy, pour déterminer si la carte PICtail maîtresse est connectée ou pas à un appareil distant, et affiche l'état de connexion courant, à l'attention de l'utilisateur.

La classe "constants" (ou constantes) mémorise toutes les constantes dont l'application a besoin, comme les commandes et les réponses du module RN4020, les UUID (identifiants universellement uniques) caractéristiques etc...

La classe "Java™ application" (application Java) pour le système d'exploitation Android respecte aussi scrupuleusement le principe MVC, en utilisant des classes "Android activity" (ou activité Android) qui sont structurellement semblables à celles de l'application PC.

Cependant, l'application Android utilise le matériel Bluetooth Low Energy intégré au téléphone Android. Le système d'exploitation Android fournit toutes les bibliothèques nécessaires aux communications Bluetooth Low Energy, avec tous les événements et rappels nécessaires.

La classe "RGBA view activity" (ou activité de la vue RGBA) est semblable à la classe "view controller" (ou contrôleur de vue) sur un PC, à l'exception des commandes de l'interface graphique, qui sont définies dans un fichier XML au lieu d'une classe.

Conclusion

Cet article a montré comment un PWM 16 bits permet de commander précisément la luminosité de chaque LED. La carte de mixage couleur RGBA LED décrite est dotée de curseurs tactiles capacitifs pour le contrôle de la couleur et de la luminosité. Un module Bluetooth Low Energy 4.1 est utilisé pour permettre à l'utilisateur d'envoyer les valeurs des coefficients d'utilisation PWM à la carte RGBA afin d'obtenir la couleur désirée. La couleur est sélectionnée grâce à une application sélecteur de chromaticité, tournant sur un PC sous Windows ou un téléphone sous Android.

Ressources supplémentaires

Note d'application originale :
http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00002026A.pdf