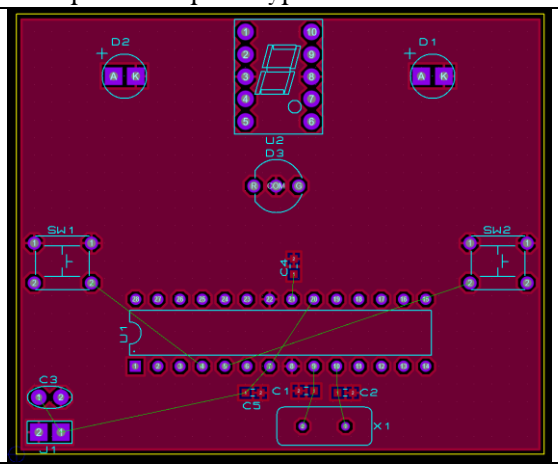
2nde BAC Pro CIEL		
	Placement des composants sur un circuit imprimé sous Proteus	 Année 2026/2027

Nom		
Prénom		
Date		
<u>Matériel</u> <u>Outillage</u> 	⇨ Proteus	<u>Durée</u> : 3H 
<u>Travaux à réaliser</u> 	⇨ Définition des règles de conception ⇨ Créer le contour PCB et plan de masse ⇨ Placement des composants ⇨ Mise en forme et organisation	
<u>Pôle d'activité :</u> Réalisation et maintenance de produits électroniques		
<u>Activités :</u> ⇨ **E1** : Etude et conception de produits électroniques		
<u>Tâches :</u> ⇨ **T2** : Placement et routage d'une carte électronique et génération des fichiers de fabrication		
<u>Compétences :</u> ⇨ **C07** : Réaliser des maquettes et prototypes		
		
Lorsque le logo apparaît, il est indispensable d'appeler l'enseignant pour vérification.		

A. Compétences

C01	**COMMUNIQUER EN SITUATION PROFESSIONNELLE (ANGLAIS/FRANÇAIS)**	
	La présentation (typographie, orthographe, illustration, lisibilité) est soignée et soutient le discours avec des enchaînements cohérents	
	La présentation orale (support et expression) est de qualité et claire	
	L'argumentation développée lors de la présentation et de l'échange est de qualité	
	L'argumentation tient compte des éventuelles situations de handicap des personnes avec lesquelles il interagit	
C03	**PARTICIPER A UN PROJET**	
	Les rôles et tâches de chacun sont identifiés ; le cas échéant, les besoins spécifiques des personnes en situation de handicap sont pris en compte	
	Le planning prévisionnel est compris	
	Le suivi du projet est respecté	
	L'espace collaboratif est correctement utilisé	
C04	**ANALYSER UNE STRUCTURE MATÉRIELLE ET LOGICIELLE**	
	Le besoin est identifié ainsi que les ressources matérielles, logicielles et humaines	
	Les logiciels d'analyse et de tests sont utilisés selon les procédures de traitement d'incidents	
	Les informations nécessaires sont extraites des documents réglementaires et/ou constructeurs	
	Les indicateurs de fonctionnement sont interprétés	
	Les fiches de test ou d'intervention sont renseignées	
C06	**VALIDER LA CONFORMITÉ D'UNE INSTALLATION**	
	Les exigences du cahier des charges sont respectées	
	Les tests sont effectués	
	Les résultats attendus sont vérifiés	
	La procédure de test est respectée	
C07	**RÉALISER DES MAQUETTES ET PROTOTYPES**	
	Le placement et routage sont conformes au cahier des charges	X
	La génération des fichiers de fabrication du PCB est conforme aux attentes	
	Le PCB est réalisé, contrôlé et conforme aux IPC (tolérances mécaniques, finition de surface, propreté, ESD etc.)	
	Les composants sont conformes à la nomenclature (marquage, étiquetage)	X
	La nomenclature des composants est respectée	
	Le brasage de la carte est conforme à la nomenclature et aux IPC	
	Les contraintes liées aux impacts environnementaux sont intégrées	X
	Le contrôle visuel de la carte assemblée est conforme au dossier de fabrication	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	
C08	**CODER**	
	Les environnements de développement et de test sont mis en oeuvre en tenant compte des contraintes de fonctionnalités et de sécurité	
	Le module logiciel est débogué et syntaxiquement correct	
	Les composants logiciels individuels sont développés et testés conformément aux spécifications du cahier des charges et des bonnes pratiques	
	La solution (logicielle et matérielle) est intégrée et testée conformément aux spécifications du cahier des charges et des bonnes pratiques	
	Le code est commenté et le logiciel est documenté	
C09	**INSTALLER LES ÉLÉMENTS D'UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE OU INFORMATIQUE**	
	L'ensemble des éléments pour l'installation du système est complet et vérifié par rapport au cahier des charges	
	Les éléments du système sont installés et raccordés selon une procédure	
	La configuration est réalisée	
	La mise en service est réalisée	
	L'état de l'installation est renseigné de manière écrite ou orale	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	
C10	**EXPLOITER UN RÉSEAU INFORMATIQUE**	
	Les alertes et problèmes rencontrés sont renseignés	
	Les différents éléments d'un réseau ou d'un système à partir d'un schéma fourni sont identifiés	
	La mise à jour des équipements (iOS, OS, logiciel, firmware) est effectuée	
	Les optimisations nécessaires sont effectuées	
C11	**MAINTENIR UN SYSTÈME ÉLECTRONIQUE OU RÉSEAU INFORMATIQUE**	
	L'intervention est préparée	
	Le dysfonctionnement est constaté	
	La maintenance ou la réparation est réalisée	
	La fiche d'intervention est correctement renseignée	
	Les risques d'une situation de travail sont repérés et les mesures appropriées pour sa santé, sa sécurité et celle des autres sont adoptées	

Nature de complexité de l'activité

Découverte	X
Intermédiaire	
Bac Pro	

B. Mise en contexte

Vous êtes technicien(ne) en électronique au sein de l'entreprise ABElectronik, spécialisée dans la conception et la fabrication de systèmes électroniques.

Lors de votre précédente intervention, vous avez réalisé le schéma électronique d'une carte équipée d'un microcontrôleur ATmega328P, d'un afficheur 7 segments, de boutons-poussoirs et de LED de signalisation.

Le bureau d'études a validé votre schéma et souhaite désormais préparer la conception du circuit imprimé (PCB).

Votre responsable vous confie l'association des empreintes et le placement des composants à l'aide du logiciel Proteus. Vous devrez organiser les composants sur la carte en respectant leurs dimensions, leur fonction et les contraintes d'implantation.

Cette étape permettra de préparer le routage des pistes électriques lors de votre prochaine intervention.

C. Problématique

Comment choisir les empreintes et positionner correctement les composants électroniques sur un circuit imprimé, en respectant les contraintes d'implantation et en préparant son futur routage?

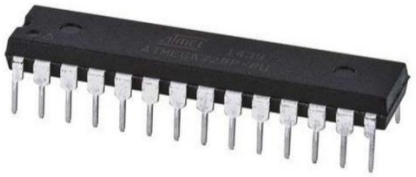
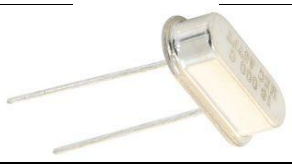


D. Préparation (30 min)

Ouvrir votre projet Proteus dont vous avez saisi précédemment le schéma.

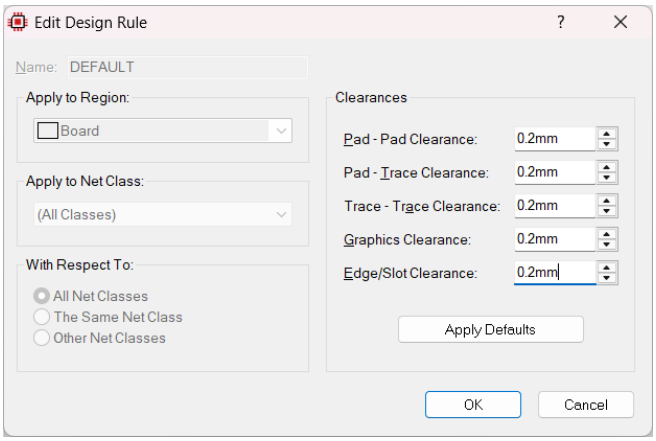
Il faut dans un premier temps définir les empreintes (boitiers – package) des différents composants du projet. Pour modifier plus rapidement les boitiers, vous pouvez ouvrir l'explorateur de projet 

Les empreintes attendues sont les suivantes :

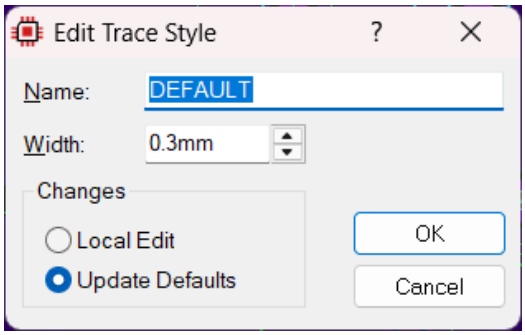
Ref. schéma	Empreinte (Package)	Composant
C1-C2 , C4-C5	0603_CAP	
C3	CAP10	
D1-D2	LED	
D3	L-59EGW-CA	
J1	CONN-SIL2	
R1-R7 , R10	0603_RES	
R8-R9 , R11-R12	RES40	
SW1-SW3	SKHHBSA010	
U1	SPDIL28	
U2	157119V12701	
X1	HUS-16.000-18-30	

E. Configuration des règles de routage (10 min)

Configurer les différentes règles d'espacement de piste à 0.2mm :

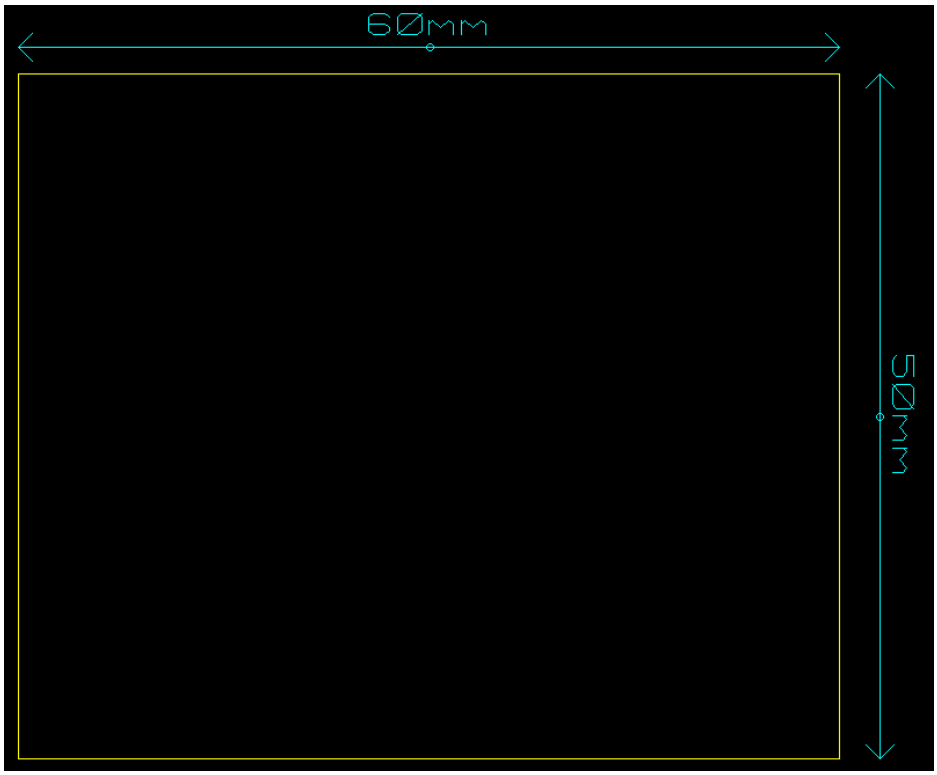


Configurer les largeurs de pistes à 0.3mm :

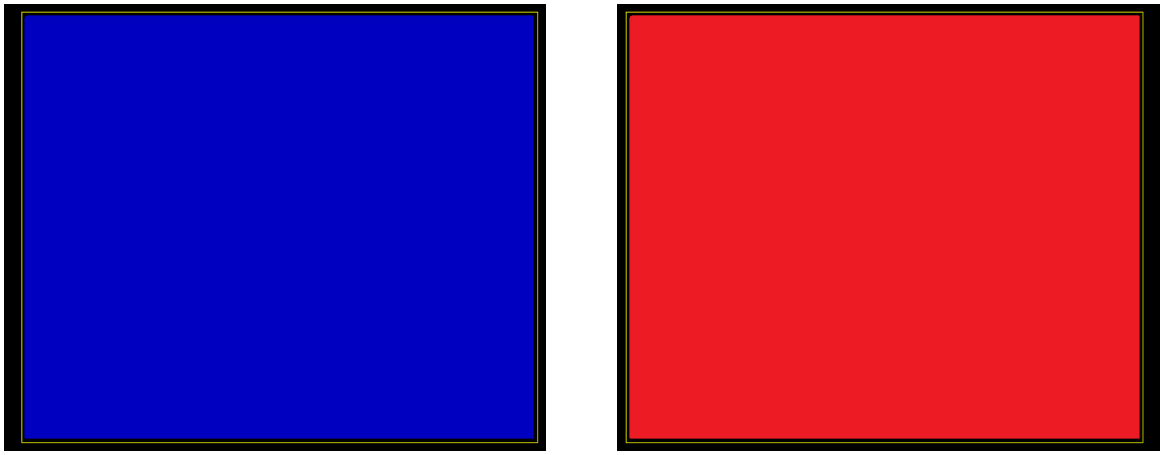


F. Création du PCB (20 min)

Créer un contour de PCB 60x50mm (couche Board Edge)



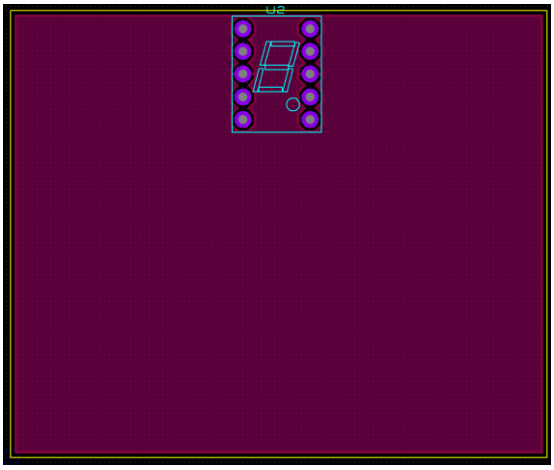
Créer le plan de masse sur le dessus du PCB (TOP COPPER) et sur le dessous du PCB (BOTTOM COPPER).



G. Placement des composants (60 min)

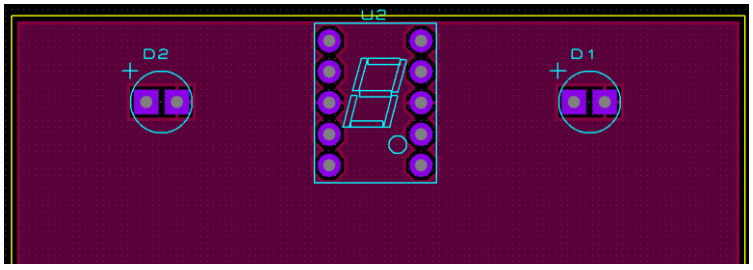
1) Placement des afficheurs

Dans un premier temps, placer l'afficheur 7 segments (U2) en haut du PCB et centré horizontalement :

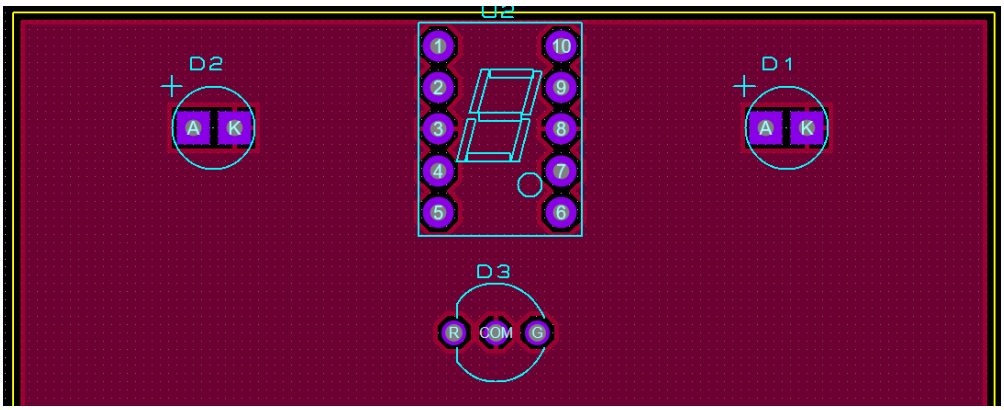


De chaque côté de l'afficheur 7 segments, placer les deux LEDs D1 et D2 :

Il faut que ces LEDs soient centré entre l'afficheur et le bord de carte. Également, elles doivent être aligné avec la broche 3 de l'afficheur 7 segments.

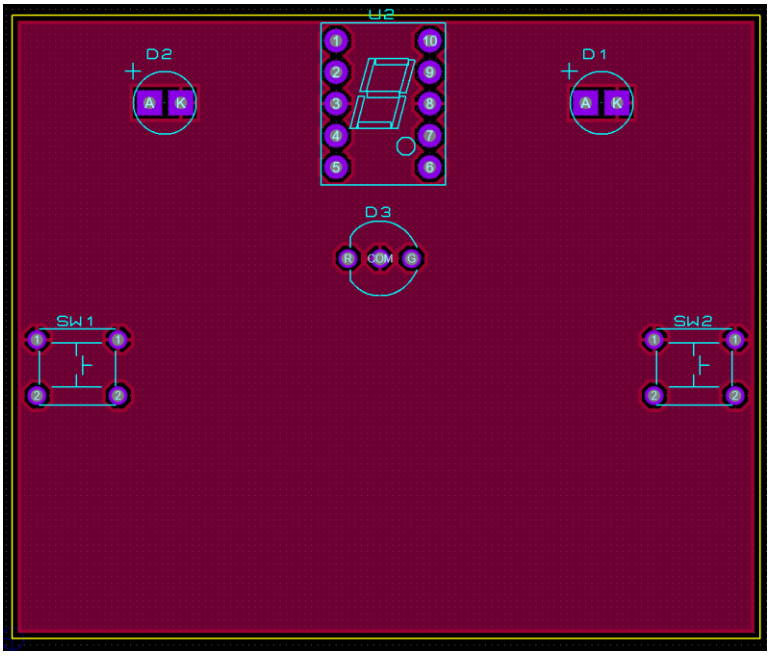


Placer la LED bicolore sous l'afficheur 7 segments et centré horizontalement.



2) Placement des boutons-poussoirs

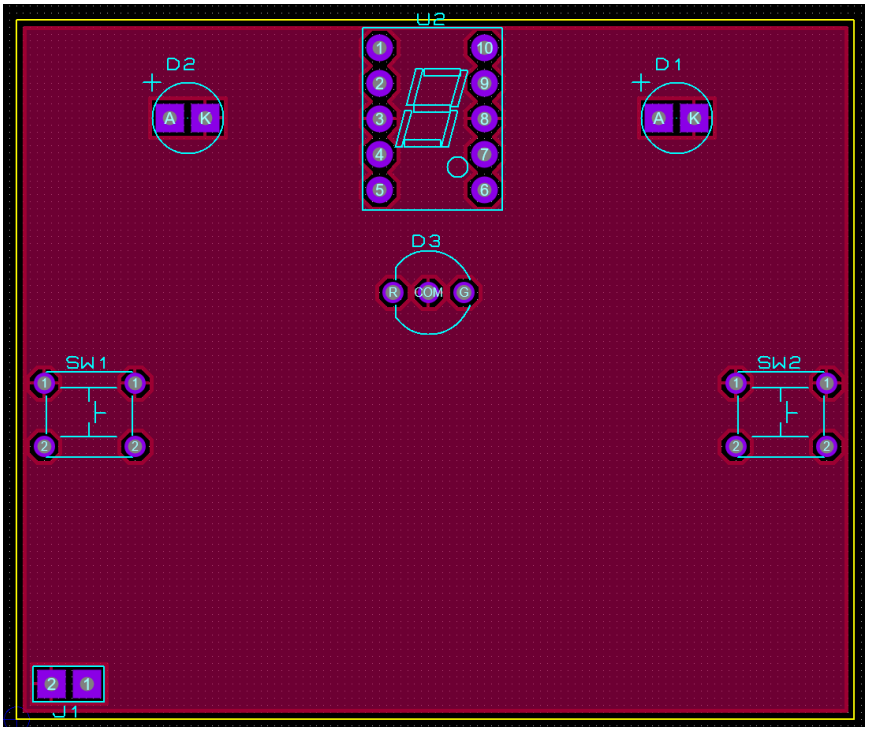
Placer les boutons-poussoirs SW1 et SW2 sous la LED bicolore et chacun en bord de carte.



Le bouton-poussoir SW3 permet de rebooter le microcontrôleur, il ne doit donc pas être accessible en dehors du boitier car seulement utile pour la maintenance et le développement du logiciel embarqué. Il sera donc placé plus tard.

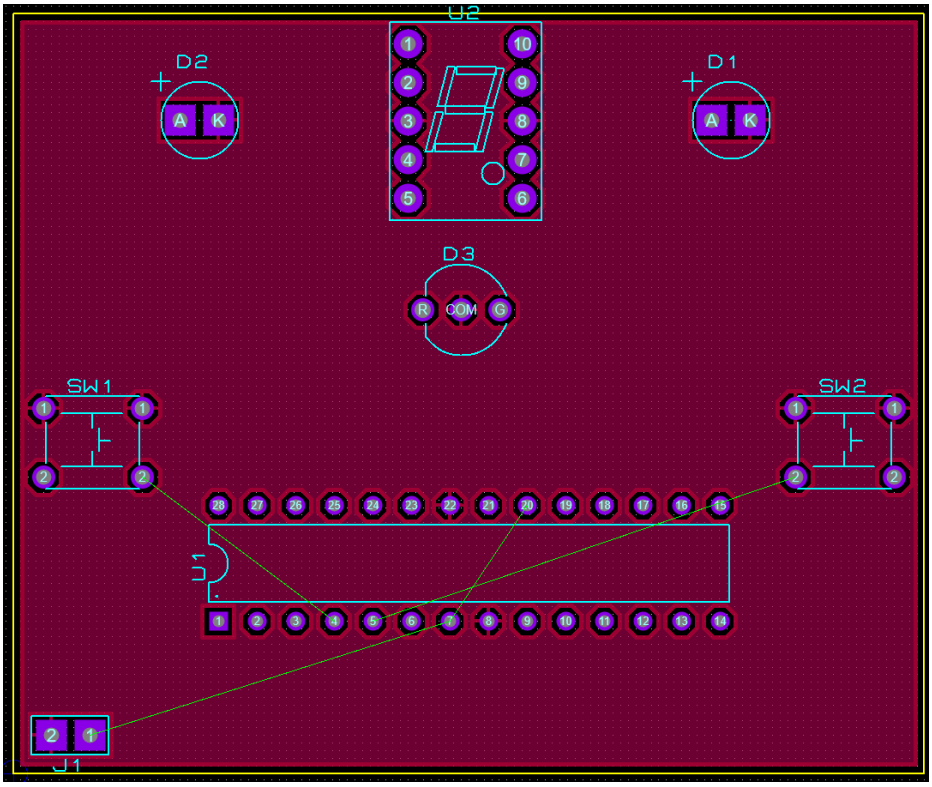
3) Placement du connecteur d'alimentation

Placer le connecteur d'alimentation J1 en bas à gauche du PCB avec la masse vers l'extérieur.



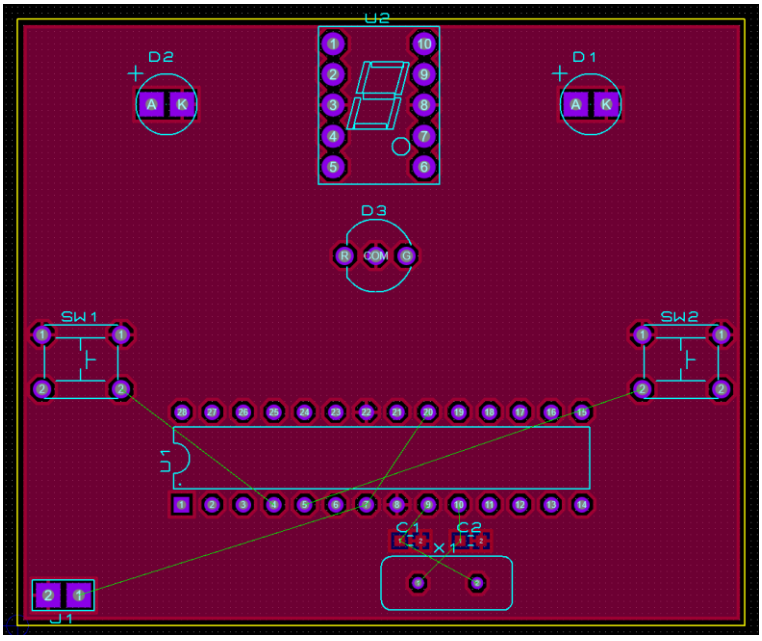
4) Placement du circuit intégré

Placer le circuit intégré principal de la carte, le microcontrôleur ATmega328P U1, au centre de la carte dans la mesure du possible.



5) Placement du circuit oscillateur

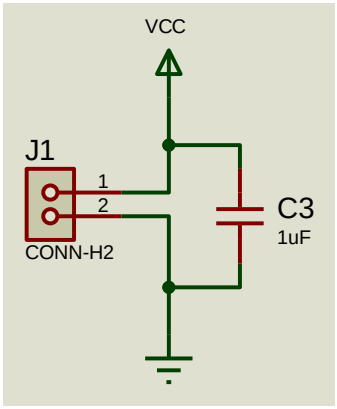
Pour fonctionner, le microcontrôleur utilise un quartz (X1) avec deux condensateurs (C1 et C2). Il faut que ces 3 composants soient placés au plus près des broches concernés XTAL1 et XTAL2 du microcontrôleur :





6) Placement des condensateurs de découplage

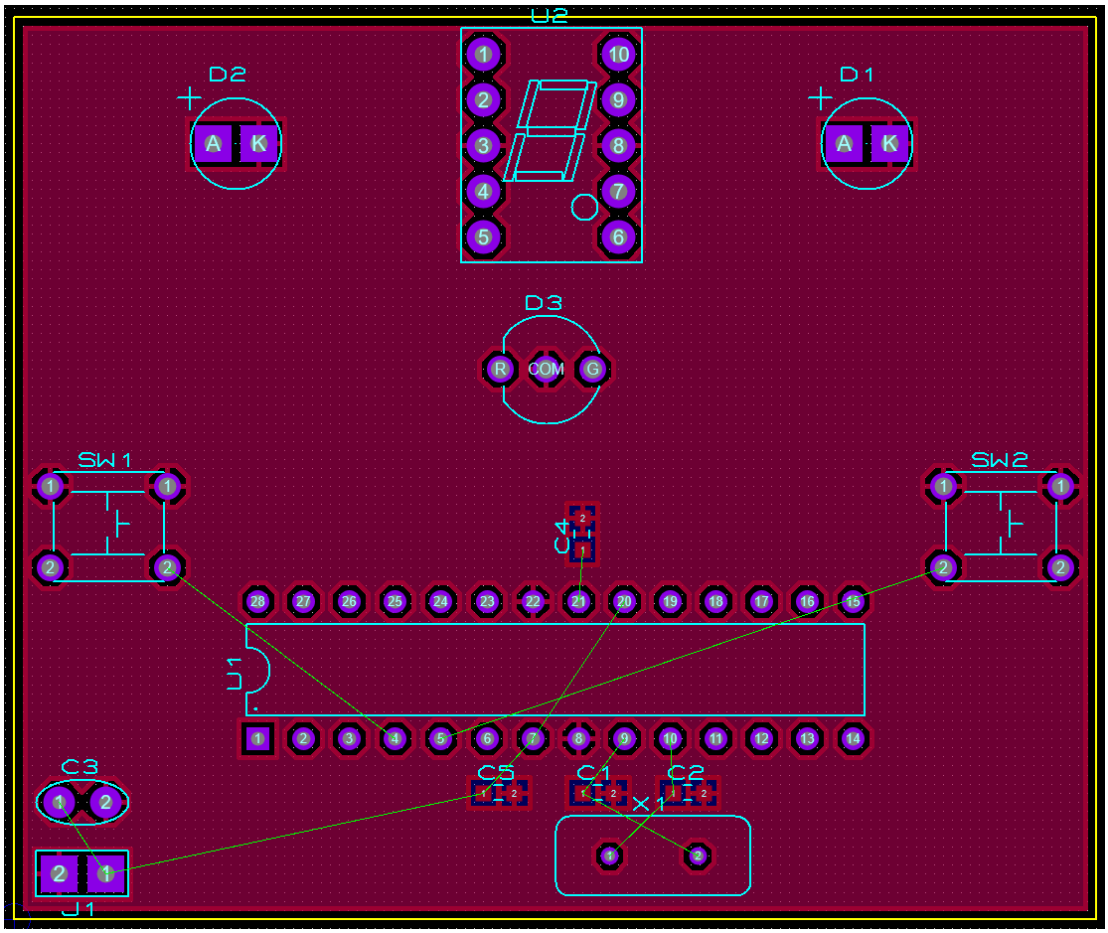
Sur le schéma, en sortie de J1, il y a le condensateur C3 :



Il faut donc que C3 soit placé à proximité du connecteur d'alimentation J1.

Le condensateur C4 assurant le filtrage de la tension de référence analogique doit être au plus près de la broche 21 du microcontrôleur U1.

Le condensateur C5 assurant le découplage de l'alimentation analogique doit être au plus près des broches d'alimentations du microcontrôleur U1.



7) Placement des autres composants

Positionner les résistances à proximité des LED associées, en recherchant une disposition facilitant le routage et limitant les croisements.

Les résistances R1 à R7 qui permettent de limiter le courant dans les LEDs de l'afficheur 7 segments dans la zone de U2.

La résistance R11, permettant de limiter le courant dans la LED D1, dans la zone de D1.

La résistance R12, permettant de limiter le courant dans la LED D2, dans la zone de D2.

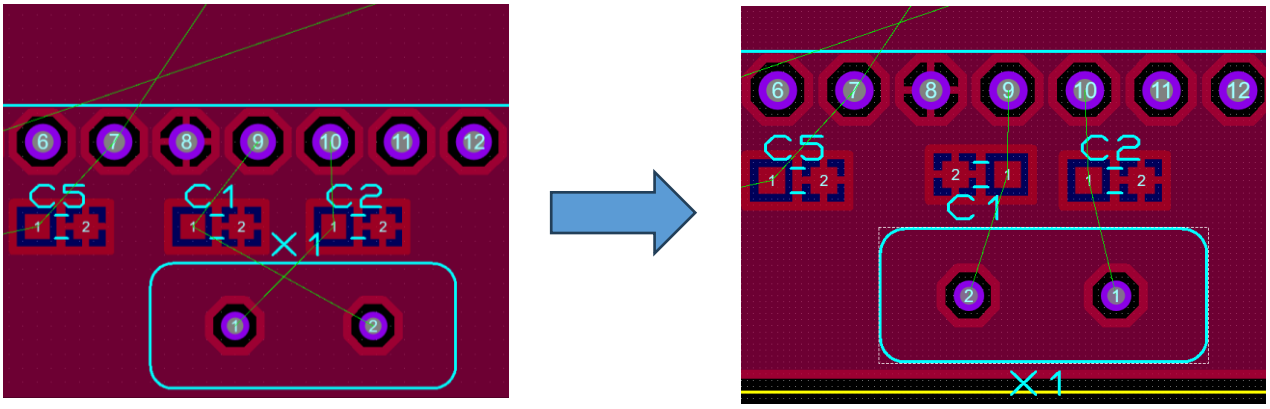
Les résistances R8 et R9, permettant de limiter le courant dans la LED bicolore D3, dans la zone de D3.

La résistance R10 et le bouton poussoir SW3 de remise à zéro du microcontrôleur doivent être au plus près de la broche Reset (1) du microcontrôleur U1.

H. Organisation (20 min)

Faire pivoter les composant afin d'éviter les croisements et les vias afin de faciliter le routage.

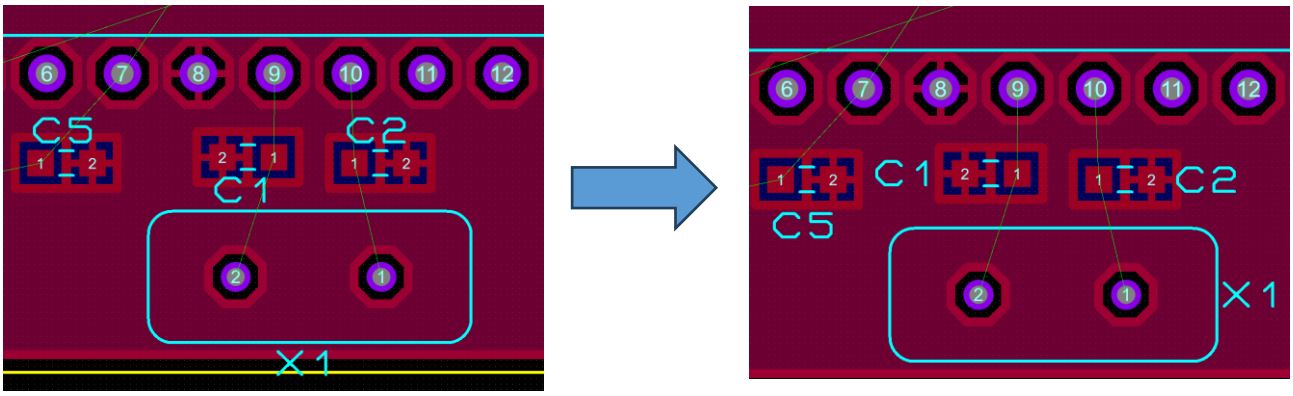
Exemple :

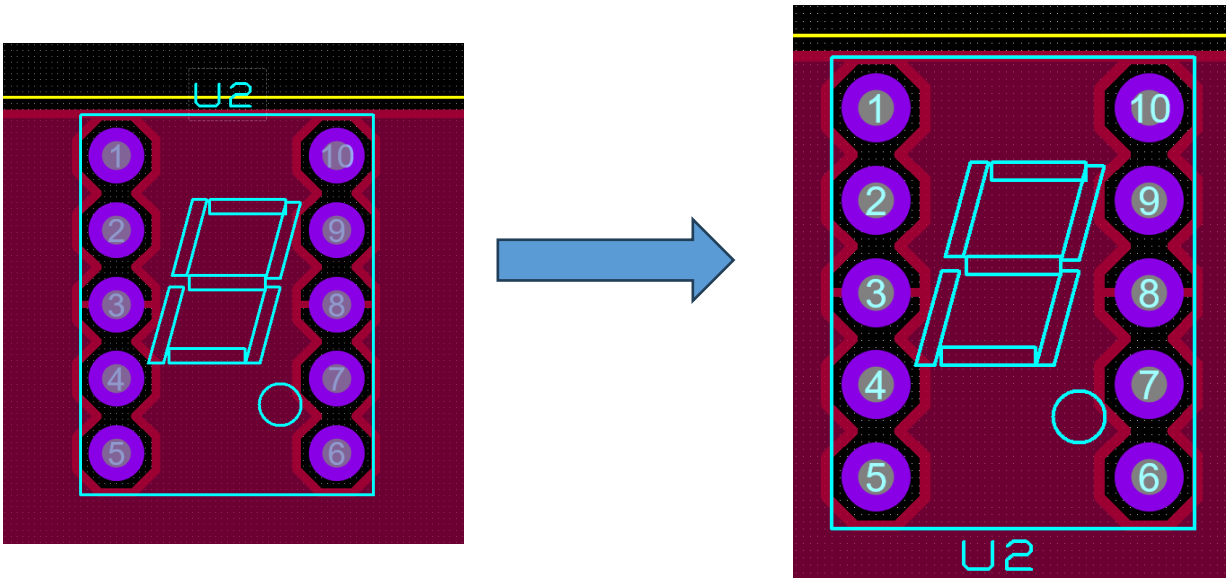


Faire ceci pour l'ensemble des composants de la carte électronique.

I. Vérification (20 min)

Effectuer des retouches si nécessaires sur les sérigraphies des composants (marquage C1, U1, SW1, etc...). Il faut qu'il soit visible au moment du câblage et idéalement lorsque la carte est complètement câblée pour identifier rapidement les composants.





Vous pouvez également observer une vue 3D de la carte

Vérifier qu'aucun composant (ou sérigraphie) ne sorte du contour du PCB. Les composants ne doivent pas se chevaucher et la carte doit être « aéré ».

J. Synthèse (20 min)

1) Introduction

Lors de la conception d'un circuit imprimé (PCB – Printed Circuit Board), le placement des composants est une étape essentielle qui précède le routage des pistes électriques.

Un bon placement doit permettre :

- ⇨ Le bon fonctionnement électronique du système
- ⇨ L'intégration de la carte dans son boîtier
- ⇨ La réalisation de connexions électriques courtes et adaptées
- ⇨ La facilité d'assemblage, de contrôle et de maintenance

Le placement des composants ne doit donc jamais être effectué au hasard.

2) Les contraintes mécaniques

Les contraintes mécaniques concernent principalement les dimensions physiques de la carte et son intégration dans le boîtier du système. Certains composants possèdent un emplacement pratiquement imposé par leur utilisation.

Les afficheurs et les LEDs

Les éléments de visualisation doivent être placés de manière à être visibles par l'utilisateur.

- ⇨ Les afficheurs doivent être alignés avec les ouvertures du boîtier
- ⇨ Les LED doivent correspondre aux emplacements des voyants
- ⇨ L'orientation et la hauteur des composants doivent être prises en compte

Les boutons-poussoirs et les interrupteurs

Les organes de commande doivent rester accessibles, leur position doit correspondre aux ouvertures du boîtier. Un espacement suffisant doit permettre leur utilisation et leur hauteur doit être compatible avec celle de la façade.

Les connecteurs

Les connecteurs d'alimentation, de communication ou de programmation doivent être facilement accessibles. Ils sont généralement placés à proximité des bords de la carte lorsque leur utilisation nécessite une connexion extérieure.

Les fixations

Les trous de fixation doivent correspondre aux supports prévus dans le boîtier. Il faut également réserver un espace suffisant autour des vis et des entretoises pour éviter tout contact indésirable avec les composants ou les pistes. Les composants soumis à des contraintes mécaniques importantes sont généralement placés en premier.

3) Les contraintes électroniques

Certains composants doivent être positionnés à proximité immédiate d'autres composants afin de garantir le bon fonctionnement du circuit.

Les condensateurs de découplage

Les circuits intégrés peuvent provoquer de rapides variations du courant consommé lorsqu'ils fonctionnent. Les condensateurs de découplage permettent de limiter les perturbations de leur alimentation.

Règles de placement :

- ⇨ Placer les condensateurs au plus près des broches d'alimentation des circuits intégrés
- ⇨ Privilégier des connexions courtes vers l'alimentation et la masse
- ⇨ Éviter de placer ces condensateurs à l'autre extrémité de la carte

Exemple : les condensateurs de 100 nF associés à l'ATmega328P doivent être placés à proximité de ses broches d'alimentation.

Le quartz et ses condensateurs

Le quartz permet de produire un signal d'horloge précis pour le fonctionnement du microcontrôleur. Ce circuit est sensible aux perturbations électriques et aux capacités parasites.

Règles de placement :

- ⇨ Placer le quartz au plus près des broches XTAL1 et XTAL2
- ⇨ Positionner les deux condensateurs associés à proximité du quartz et des broches concernées
- ⇨ Prévoir des connexions courtes
- ⇨ Éloigner cette zone des pistes transportant des signaux fortement perturbateurs
- ⇨ Prévoir une connexion à la masse adaptée

Un mauvais placement peut perturber le démarrage ou la stabilité de l'oscillateur.

Les résistances

La plupart des résistances utilisées dans les circuits numériques simples possèdent relativement peu de contraintes de placement. Elles peuvent généralement être placées en fonction de l'espace disponible et de la facilité de routage.

Cependant, certaines résistances nécessitent davantage d'attention :

- ⇨ Les résistances de limitation de courant peuvent être regroupées à proximité des LED ou des afficheurs
- ⇨ Les résistances de tirage (pull-up ou pull-down) peuvent être placées près des entrées concernées
- ⇨ Les résistances de puissance doivent disposer d'un espace suffisant pour évacuer leur chaleur

Toutes les résistances ne présentent pas les mêmes contraintes de placement.

Les composants de puissance

Les régulateurs de tension, transistors de puissance et autres composants dissipant de l'énergie peuvent provoquer un échauffement.

Il faut prévoir un espace suffisant pour leur refroidissement, respecter les recommandations du fabricant et éviter de placer des composants sensibles à la température immédiatement à côté. Également, il faut prévoir, si nécessaire, des surfaces de cuivre permettant de dissiper la chaleur.

4) Les contraintes de routage

Le placement doit également faciliter la réalisation des futures pistes électriques.

Regrouper les composants par fonction

Les composants appartenant à un même ensemble électronique sont généralement regroupés.

Quelques exemples :

- ⇨ Le microcontrôleur avec ses composants d'horloge et de découplage
- ⇨ L'afficheur avec ses résistances de limitation
- ⇨ Les LED avec leurs résistances associées

Limiter les croisements

Une bonne disposition des composants permet de réduire le nombre de croisements entre les connexions. Cela facilite le routage et peut limiter le nombre de vias nécessaires.

Limiter la longueur des pistes

Les connexions doivent rester aussi courtes que possible, particulièrement pour les signaux sensibles, rapides ou transportant des courants importants.

Il n'est cependant pas nécessaire que toutes les pistes d'un circuit aient la même longueur.

Respecter les distances

Les composants ne doivent pas se chevaucher.

Il faut également prévoir des espacements suffisants pour :

- ⇨ Le brasage
- ⇨ Le passage des pistes
- ⇨ L'assemblage
- ⇨ Les opérations de contrôle et de maintenance

5) Les contraintes de fabrication et de maintenance

Un circuit imprimé correctement conçu doit pouvoir être fabriqué et assemblé sans difficulté particulière.

Orientation des composants

Lorsque cela est possible, orienter les composants similaires dans le même sens facilite leur identification et leur assemblage. Pour les circuits intégrés, les repères de la broche 1 doivent être clairement identifiables.

Sérigraphie

Les références des composants (R1, C1, U1...) doivent rester lisibles après assemblage, dans la mesure du possible. Il faut éviter de placer les inscriptions sous les composants lorsqu'elles doivent être consultées pendant la maintenance.

Accessibilité

Les composants susceptibles d'être remplacés ou contrôlés doivent rester accessibles.

Les points de test, s'ils sont prévus, doivent pouvoir être atteints avec les instruments de mesure.

6) Dans quel ordre placer les composants ?

Pour faciliter le travail sous Proteus (ou tout autre logiciel de CAO électronique), il est conseillé de respecter l'ordre suivant :

1. Définir les dimensions et les contours du circuit imprimé
2. Positionner les trous de fixation
3. Placer les composants soumis aux contraintes mécaniques (afficheurs, boutons, connecteurs, LED)
4. Positionner les principaux circuits intégrés
5. Placer les composants sensibles (quartz, condensateurs de découplage)
6. Placer les résistances et les autres composants passifs
7. Vérifier les espacements, les orientations et la lisibilité de la sérigraphie
8. Observer les connexions électriques pour anticiper le routage

Cet ordre constitue une méthode générale. Il peut être adapté en fonction des contraintes particulières du projet.

7) Conclusion

Le placement des composants est un compromis entre plusieurs contraintes : mécaniques, électroniques, thermiques et de fabrication.

Un bon placement facilite le routage, améliore la fiabilité du circuit et simplifie son assemblage.

Avant de commencer le routage, le technicien doit donc vérifier que chaque composant est correctement positionné et que l'ensemble de la carte respecte les contraintes du projet.

8) Application à la carte du projet

Composants	Contrainte principale	Placement recommandé
U2 – Afficheur 7 segments	Mécanique	Visible en façade de boitier
SW1-SW2 – Boutons	Mécanique	Accessibles à l'utilisateur
SW3 – Bouton	Mécanique	Accessible lors de la maintenance, à l'intérieur du boitier
D1-D3 – LED	Mécanique	Visibles et correctement orientées
J1 – Connecteur	Mécanique	Accessible, proche d'un bord
U1 – Atmega328P	Electronique / Routage	Position favorisant les connexions courtes
X1 – Quartz	Electronique	Très proche de XTAL1 et XTAL2
C1,C2 – Condensateurs	Electronique	Proches du quartz et de ses connexions
C4, C5 – Condensateurs	Electronique	Très proche des broches d'alimentation du microcontrôleur
C3 – Condensateur	Alimentation	Proche de l'entrée de l'alimentation
R1-R9 – Résistances	Routage	Proche des composants associés, si cela facilite le routage
R10 – Résistance	Electronique / Routage	A proximité du circuit de réinitialisation