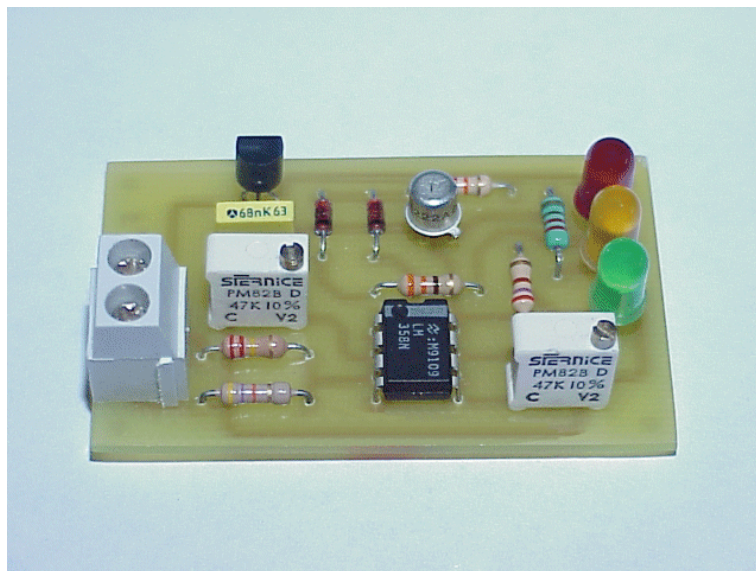


Voltmètre de bord pour voiliers

Organe classique des tableaux de bord des voiliers modernes, le voltmètre permet de visualiser la tension aux bornes de la batterie de service. Le montage proposé est, en fait, un millivoltmètre à affichage par trois diodes LEDS. L'échelle des tensions sera donc de quelques dizaines de millivolts centrés autour de la tension nominale de la batterie. En fonction de la LED allumée, l'utilisateur aura donc une information en permanence de l'état de la batterie.



1 - Principe

L'information recherchée à bord du voilier est la quantité d'énergie électrique que peut encore fournir la batterie à un instant t . Contrairement aux véhicules motorisés (automobiles, bateaux à moteurs) qui disposent en permanence d'un dispositif de charge lié au moteur, les batteries des bateaux à voiles doivent supporter d'importantes variations de charge d'où la nécessité de pouvoir surveiller en permanence l'état de la batterie. Pratiquement, un tel dispositif reste assez délicat à réaliser car pour cela, il faut être capable de mesurer très précisément, et en fonction du temps, les quantités d'énergie entrantes et sortantes de la batterie. A cela, il faut rajouter une correction due au rendement du système ; enfin, différentes pertes doivent être prises en compte telles le vieillissement de la batterie ainsi que les pertes internes (auto décharge).

Le millivoltmètre ne permet pas une telle précision mais peut donner une indication de l'état de charge de la batterie suffisamment acceptable pour bon nombre de marins pour

peu que l'on tienne compte du fait que la mesure doit se faire "à vide" et avec une batterie au repos depuis quelques minutes.

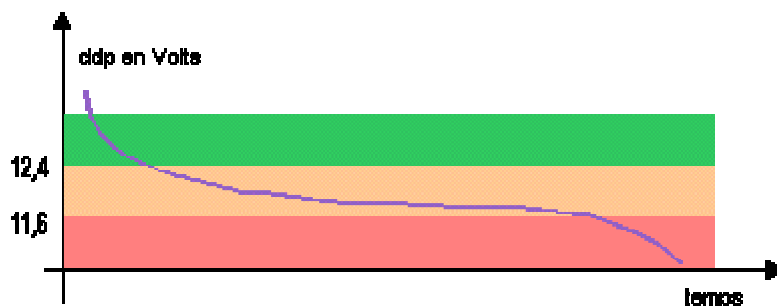


Figure 1

Le graphique ci-dessus représente l'état de décharge d'un modèle de batterie d'accumulateurs au plomb à électrolyte liquide en fonction du temps. A partir de valeurs moyennes, et suivant les réglages effectués sur le voltmètre de bord, on pourra donc évaluer le pourcentage d'énergie restant dans la batterie. Par exemple, en dessous de 11,6 volts, on peut admettre que la batterie atteint un taux de décharge important ; une recharge s'impose. En revanche, pour une tension nominale supérieure à 12,4 volts, on pourra considérer que la batterie dispose d'une réserve d'énergie importante. Entre ces deux valeurs, cette réserve d'énergie est encore suffisante pour une utilisation courante.

2 - Fonctionnement

Ce montage très simple est un grand classique de l'électronique analogique. La tension prélevée sur la batterie à mesurer traverse un pont diviseur de résistances R1 et R2. La plage de tension aux bornes de R2 s'échelonne alors de 2,1 à 3,0 volts pour une batterie offrant un potentiel de 10 à 14 volts suivant son état de charge. Cette valeur résiduelle est ensuite comparée à une tension de référence obtenue avec le régulateur U1 et réglable, selon les seuils désirés, à l'aide des résistances variables P1 et P2.

L'amplificateur opérationnel U2:A est monté en comparateur de tension. La référence est appliquée sur l'entrée négative et le signal issu de la batterie sur l'entrée positive. Tant que la tension à mesurer reste inférieure au seuil déterminé par la résistance variable P1, la sortie de l'amplificateur opérationnel reste à l'état bas, allumant ainsi la diode rouge LED 3. Le deuxième amplificateur opérationnel U2:B est lui aussi monté en comparateur mais pour le seuil haut du voltmètre. La référence de tension est maintenant appliquée sur l'entrée positive et la tension issue de la batterie, via le pont diviseur, sur l'entrée négative. En fonction du seuil réglé par la résistance variable P2, la diode verte LED 1 restera allumée jusqu'à ce que l'amplificateur passe à l'état haut, lorsque la tension appliquée deviendra inférieure au potentiel souhaité.

Les deux amplificateurs opérationnels sont donc montés en comparateurs à fenêtres. La valeur intermédiaire s'obtient en effectuant un ET logique sur les sorties des deux AOP. En effet, les LEDS rouge et verte s'illuminent par un passage à l'état bas des AOP. Si la tension mesurée se situe dans la fourchette moyenne, c'est à dire supérieure au seuil inférieur mais inférieure au seuil supérieur, les deux sorties des AOP sont à l'état haut.

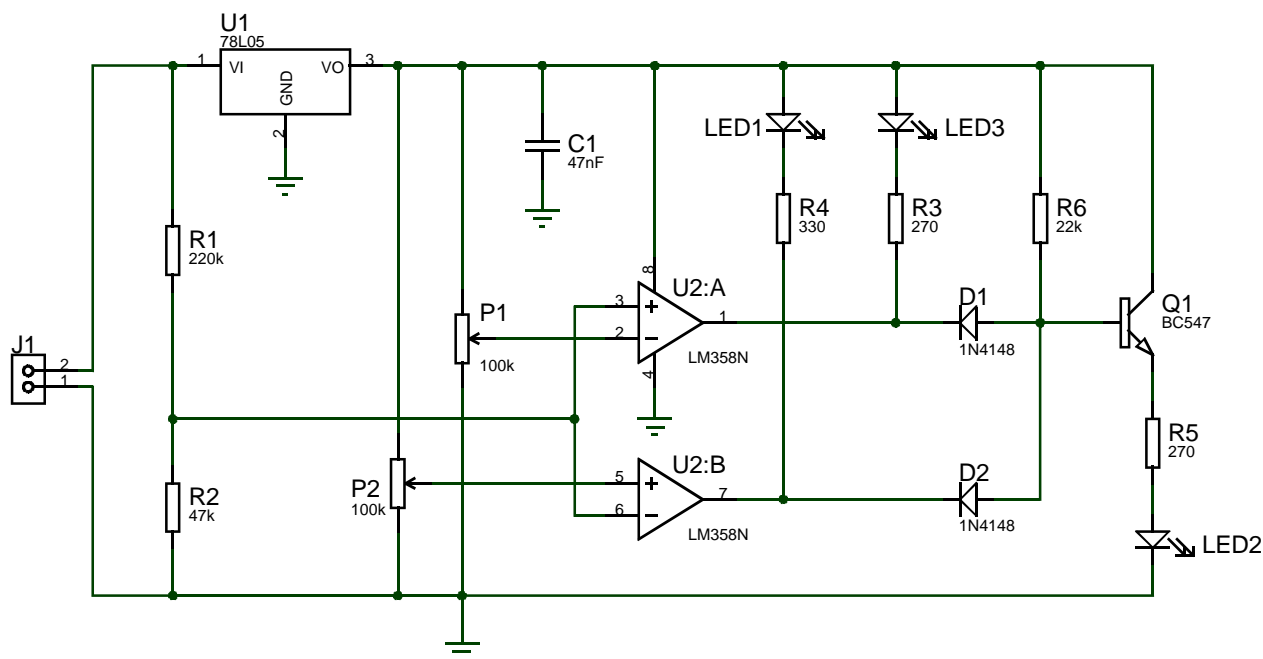
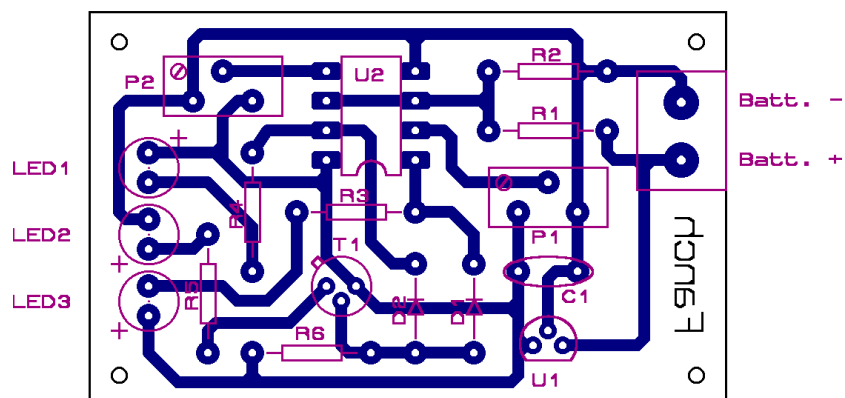


Schéma de principe

Dans ce cas, la sortie du ET logique passe à l'état haut et sature le transistor NPN Q1, provoquant ainsi l'illumination de la diode jaune LED 2. La fonction ET logique s'obtient à l'aide des deux diodes D1, D2 et de la résistance R6. Afin d'obtenir une intensité lumineuse homogène des trois diodes LEDS, les résistances R3 et R5 seront d'une valeur légèrement inférieure à R4, les LEDS rouges ayant un seuil sensiblement plus faible que leurs consoeurs verts ou jaunes. Enfin, suivant les recommandations du fabricant, un condensateur de 47 nF doit être inséré en sortie du régulateur de tension même si la source est du type purement continue.

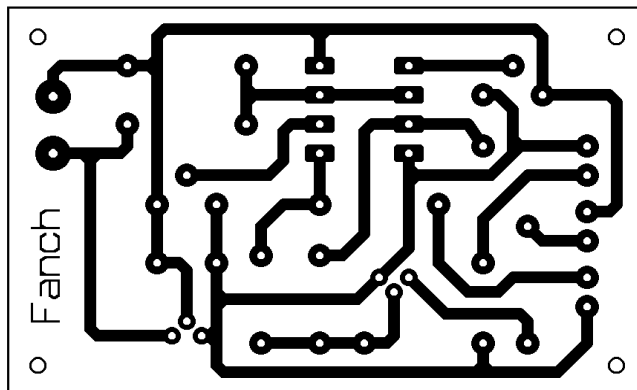
3 - Réalisation

Ce voltmètre est réalisé sur une carte de 3,4 x 5,5 cm. Aucune difficulté pour construire cette plaquette, l'ensemble des composants étant implantés sur une seule face. Pas de *strap*, le circuit imprimé est facilement réalisable en simple face.



Vue côté composants du voltmètre

Les résistances variables seront de préférence du type multitours afin de faciliter les réglages. Cependant, rien n'empêche d'utiliser des monotours pour des raisons de coûts. Il n'est pas nécessaire de monter le circuit intégré sur un support dans la mesure où ce composant sera soudé rapidement avec un fer de 40 W maximum. Les trois LEDS pourront être déportées du circuit imprimé à l'aide d'une nappe de fils et d'un connecteur adapté.



Vue du côté cuivre du circuit imprimé

Les réglages s'effectuent à l'aide d'une alimentation stabilisée et d'un multimètre. On commencera par brancher l'alimentation stabilisée aux bornes du voltmètre de bord tout en contrôlant, en parallèle avec le multimètre, la tension ainsi appliquée au montage. Puis, suivant le graphique de la figure 1, il suffira de régler les deux seuils en fonction de la tension d'entrée. Une fois les réglages effectués, on pourra bloquer les vis des ajustables avec un vernis adapté.

Le montage consomme 10 mA. Ce courant peut sembler encore trop élevé pour une utilisation continue. Afin de réduire la consommation électrique, on pourra soit :

- Insérer un bouton poussoir ; la mesure sera alors non permanente.
- Utiliser des LEDS à faible intensité (2 mA).

Comme tous les montages électroniques destinés à une installation à bord d'un bateau, il est recommandé de protéger la plaquette de circuit imprimé à l'aide d'un vernis isolant hydrofuge type tropicalisant.

Le montage est prêt à fonctionner dès la mise sous tension ; l'affichage sous forme de trois diodes électroluminescentes se veut intuitif :

- La diode verte indique que la batterie est bien chargée ; il reste une grande capacité d'énergie.
- La diode jaune signale une batterie déjà partiellement déchargée ; il est possible de consommer encore de l'énergie mais sous des courants faibles.
- La diode rouge indique un état de décharge prononcée ; une recharge s'impose rapidement.

Le coût de revient de ce voltmètre est environ 10 euros, y compris la fabrication du circuit imprimé.

4 - Nomenclature

R1 = 220 k Ω	P1 = 100 k Ω	U1 = 78L05
R2 = 47 k Ω	P2 = 100 k Ω	U2 = LM 358
R3 = 270 Ω	C1 = 47 nF	LED 1 verte
R4 = 330 Ω	D2 = 1N 4148	LED 2 jaune
R5 = 270 Ω	D2 = 1N 4148	LED 3 rouge
R6 = 22 k Ω	Q1 = BC 547	J1 = bornier