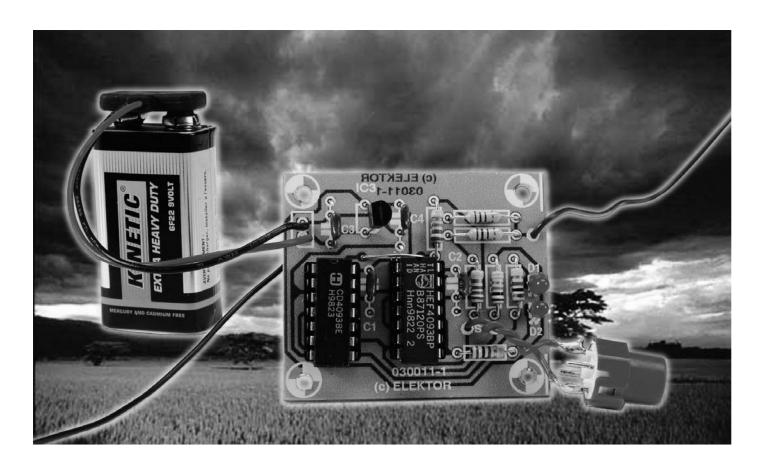
Détecteur d'orages

Indicateur pour très hautes tensions

D'après une idée de Bernhard Oehlerking

Nous n'allons pas tenter de vous convaincre de la puissance des phénomènes naturels. Orages, tsunamis (raz de marée), tornades et tremblements de terre prouvent à loisir que leurs effets sont souvent destructeurs. Nous avons la chance, sous nos latitudes, de n'être confrontés qu'exceptionnellement à ces phénomènes naturels ô combien destructeurs. Cependant, il est un phénomène naturel auquel nous avons (et aurons sans doute, à l'avenir, de plus en plus) affaire, les orages. Comme il s'agit d'un phénomène ayant trait à l'électricité il concerne un domaine qui ne manquera pas d'intéresser les électroniciens.



76 Elektor 10/2003



L'idée sur laquelle repose ce montage est née lors d'une compétition sportive. Comme il s'était mis à pleuvoir, nombre de spectateurs avaient ouvert leur pépin. Dans le lointain roulait le tonnerre et, brusquement, un certain nombre d'entre eux lâchèrent, de concert, leur parapluie le visage marqué par la surprise. Quelques secondes plus tard, un éclair traversa les éthers. A l'évidence, les parapluies avaient fait office d'antenne et avaient capté le champ de tension élevé qui va de pair avec un éclair. Par bonheur, l'éclair en question ne frappa directement, de sorte que la quantité d'énergie mise en oeuvre resta limité de sorte que cette frappe resta sans conséquence grave.

Une fois la frayeur passée, l'un des possesseurs de parapluie se mit à se creuser les méninges sur le phénomène orage, cogitations qui débouchèrent sur le montage décrit ici et destiné uniquement à la détection d'une frappe d'éclair. Cette détection ne donne cependant pas de réponse quant à la distance à laquelle a frappé l'éclair et ne fournit pas non plus d'avertissement quant à l'imminence d'une telle frappe. Le montage donne quand même une indication utilisable quant aux puissances de champ qui vont de pair lors d'une frappe de la foudre.

Orage (et désespoir...)

En fait, d'où vient la foudre ? Les scientifiques avancent différentes théories, mais ils sont tous d'accord sur les faits suivants :

Il naît une différence de potentiel très importante entre la surface de la terre et la masse nuageuse. Cela se traduit par un champ électrique très élevé. De par l'importance de ce champ, l'air présent entre le nuage et la terre est ionisé (l'air ionisé est également connu sous la dénomination de plasma).

L'une des caractéristiques du plasma

Figure 1. Le coeur du montage prend la forme d'une paire de diviseurs de tension et 2 bascules bistables. L'indication d'une détection se fait par le biais de LED.

est d'être un excellent conducteur. Une fois que ce canal plasmatique atteint le sol, le courant peut circuler entre la terre et le nuage, en vue de réduire la différence de charge. Ce processus est accompagné de courant de très grande intensité sur le canal constitué par le plasma.

Comme le trajet plasmatique présente une certaine résistance (même si elle est faible), on a production de chaleur. Des mesures ont permis de déterminer que la température d'un éclair peut dépasser celle du soleil! De ce fait, l'air environnant est échauffé (et partant se dilate) si rapidement qu'il se produit une véritable onde de choc que l'on entend sous la forme d'un coup de tonnerre.

Notons que cette onde de choc constitue également un grand danger potentiel. Plus on se trouve proche du point de contact de la foudre plus l'onde de choc sera puissante. On connaît des cas où l'onde de choc provoquée par un éclair a produit l'effondrement de maisons!

Mesures

Comment pouvons-nous procéder à des mesures qui permettent d'affirmer que la foudre a frappé à proximité? Pendant la formation d'un canal plasmatique le potentiel du plasma sera pratiquement égal à celui du nuage.

Un champ électrique n'est en fait ni plus ni moins qu'une différence de potentiel relaté à la distance (volt par mètre). Le canal plasmatique ne cessant de se rapprocher du sol, le champ électrique entre le plasma et la terre ne cessera de croître.

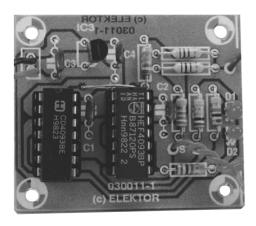
Il est possible de détecter l'augmentation du champ électrique à l'aide d'une antenne. Comme il s'agit de tensions pouvant être très élevées il faut commencer par les ramener à des niveaux plus acceptables par des semiconducteurs.

L'électronique

La figure 1 reproduit le schéma pratique de notre détecteur d'orage. Le capteur prend la forme d'une antenne télescopique d'un mètre de long environ qui viendra se connecter au point marqué « ANT ». On pourra, si tant est que les cellules orageuses soient encore suffisamment éloignées, relier le point identifié par un symbole de terre à une canalisation d'eau ou à un radiateur de chauffage central à l'aide d'un petit morceau de conducteur, ceci en vue d'accroître la sensibilité du montage. La tension captée est abaissée par le biais d'une paire de diviseurs de tension constitués respectivement par R2/R3 et R4/R5.

L'atténuation est relativement importante. Le diviseur de tension R2/R3 divise la tension par (R2+R3)/R3 = 214. Le diviseur de tension



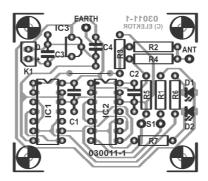


R4/R5 induit lui une division de la tension d'antenne par un facteur (R4+R5)/R5 = 4546. Chacune de ces 2 tensions est appliquée à l'entrée de positionnement (set) d'une bascule bistable (flipflop). Ces bascules sont réalisées en technologie discrète à l'aide de quelques portes NAND à entrée à trigger de Schmitt. Il nous a fallu pour cela une paire de circuits intégrés du type 4093, IC1 et IC2. C'est à dessein que nous avons opté pour ce type de porte vu que les triggers de Schmitt présentent une caractéristique intéressante, à savoir que leur sortie ne change de niveau qu'après que l'entrée a dépassé un niveau de seuil de commutation supérieur défini ou à l'inverse que celle-ci est tombée en decà d'un certain seuil de commutation inférieur. De par l'hystérésis ainsi créée, les triggers de Schmitt ne connaissent pas de domaine indéfini entre les niveaux « haut » et « bas ».

Dès que la tension d'antenne dépasse 1,3 kV (!), on aura, aux bornes de la résistance R3, une tension de l'ordre de 2,9 V. Ce niveau constitue la tension de seuil typique pour un 4093 lorsque ce composant est alimenté sous 5 V. Dans ces conditions la porte IC1.A montée en inverseur fournira une tension de sortie de niveau bas. Ce niveau bas entraîne un positionnement (mise à « 1 ») de la bascule que constituent les portes IC1.B et IC1.C de sorte que la LED D1 s'allume. Ensuite, même si la tension aux bornes de R3 tombe à une valeur inférieure à 2,9 V, cette LED restera allumée vu que la bascule ne change d'état qu'à la suite d'une action sur le bouton de remise à zéro (RAZ = reset) S1.

Le fonctionnement de IC2 et de la LED D2 est similaire à ceci près que la tension d'antenne doit être supérieure à 13 kV pour que l'on dispose à l'entrée de IC2.A d'une tension de 2,9 V. Ce second sous-ensemble requiert partant une puissance de champ électrique plus élevée pour allumer la LED et présente donc une sensibilité moindre.

On pourra bien entendu adapter à son goût les valeurs de R3 et de R5 pour voir quels



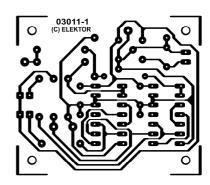


Figure 2. La platine dessinée à l'intention du détecteur est extrêmement compacte et sa reproductibilité aisée.

Liste des composants

Résistances:

 $RI = 10 k\Omega$

 $R2,R4 = 10 M\Omega$

 $R3 = 22 k\Omega$

 $R5 = 2k\Omega 2$

R6,R7= $1 k\Omega$

Condensateurs:

 $CI \grave{a} C4 = 100 nF$

Semi-conducteurs:

DI,D2 = LED rouge faible courant

IC1,IC2 = 4093 IC3 = 78L05 (cf.texte)

Divers:

ANT = antenne télescopique ou

I mètre de fil

KI = pile compacte 9 V + connecteur

à pression

SI = bouton-poussoir unipolaire à

contact travail

sont les champs électriques qui naissent lorsque la foudre tombe dans vos parages.

Une fois que l'on aura détecté un coup de foudre il suffira d'actionner le bouton de RAZ S1 pour être prêt pour une nouvelle mesure.

L'alimentation

L'alimentation de ce montage est la simplicité même : une pile compacte de 9 V connectée au bornier K1 alimente un 78L05, IC3, régulateur de tension intégré qui fournit une tension bien stable de 5 V au reste du circuit.

Il est également possible d'envisager de modifier l'alimentation pour pouvoir utiliser une pile de 6 V; il faudra pour cela utiliser, pour IC3, un régulateur à faibles pertes (low drop), un 2951 par exemple. Ce type de composant se contente d'une tension de 5,5 V en entrée pour fournir, en sortie, une tension de 5 V bien stable.

La consommation de courant de l'ensemble de l'électronique est de quelques milliampères seulement. Vu qu'il est fort improbable que l'on laisse le détecteur en marche de façon continue, puisque son utilité se limite aux périodes d'orages, la pile devrait tenir plusieurs mois, voire années.

La construction

Nous avons dessiné un petit circuit imprimé pour le détecteur d'orages. Son dessin vous est proposé en figure 2. Il vous faudra le graver vous-même ou le faire réaliser par the PCBShop (cf. site Elektor à l'adresse www.elektor.fr). Les dimensions de la platine ne dépassent guère celles d'une boîte d'allumettes. Vu le faible nombre de composants concernés, cette étape de réalisation ne devrait guère vous prendre plus d'une demi-heure.

Il existe des petits boîtiers à compartiment pour pile intégré dans lequel on pourra intégrer cette électronique. L'antenne pourra prendre la forme, nous le disions plus haut, d'une vraie antenne télescopique mais on pourra également, pour réduire les coûts de ce montage, utiliser un morceau de fil conducteur quelconque d'une longueur de 1 mètre environ.

(030011)

78 Elektor 10/2003