ON4CRD — Club Radio Durnal
Rue des Écoles · 5530 Purnode · BE

ON4CRD-RK-R2

Wattmètre / ROS-mètre QRP R2

RK-SWR

> R2 — conception pour prototypage ; matériel non construit, mesures et ajustement à réaliser.



PUISSANCE / ROS

ON4CRD R2 · 240 × 115 × 68 mm assemblé · prototype à qualifier

Vue de conception du boîtier — prototype non construit.

Comprendre le circuit, préparer le matériel, fabriquer, câbler et vérifier. Consigner les résultats réels dans la fiche de recette ; les contrôles numériques ne valent pas mesure.

Configuration et interfaces

Élément	Spécification proposée
Domaine proposé	1–10 W incident, porteuse stable, 1,8–30 MHz ; pas de PEP
Détection	Tandem courant/tension, deux voies BAT43
Commande	Nano classique ATmega328P 5 V/16 MHz ; écran parallèle 16×2
Analogique R2	TMUX1511, REF3330 3,0 V, rappel ADC 47 kΩ
Calibration	9 profils manuels ; 6 points par sens, brouillon et journal EEPROM
Cartes	Tête 90 × 65 mm ; commande 100 × 70 mm

Fonctionnement du circuit

T1 prélève le courant avec un primaire 1 tour et un secondaire 10 tours. T2 prélève la tension avec 10 tours au primaire et 1 au secondaire. Les résistances 49,9 Ω et le point COMMON réalisent la somme/différence FWD/REV. Les débuts d'enroulements déterminent la directivité.

Les BAT43 et les condensateurs détectent une enveloppe de porteuse stable. Les diviseurs 15 kΩ/10 kΩ donnent une première atténuation de 0,4. La charge de la commande et les 47 kΩ ramènent le gain actif nominal à environ 0,348119 avant non-linéarités.

Le TMUX1511 isole les entrées quand la commande n'est plus alimentée ; D4/ADC_ENABLE est maintenu bas au démarrage et lors d'un défaut de référence. Sa protection hors alimentation est spécifiée dans une plage de signal : vérifier réellement les transitoires et le domaine de la tête, ne pas en déduire une protection contre toute RF.

REF3330 alimente AREF et le potentiomètre de bande à 3,0 V nominal. Ce matériel exige le firmware R2 et analogReference(EXTERNAL). Le contrôle grossier de bande interdite interne peut détecter une référence absente ; il ne mesure pas une précision de 3,000 V.

Calculs et limites du modèle

Sous 50 Ω adaptés, modèle idéal : Vcrête FWD ≈2√P(W). À 10 W, cela donne environ 2,2017 V sur ADC actif avant chute de diode, contre 2,5298 V en tête déconnectée de la commande. Ce sont des estimations de choix de gamme, jamais des codes de calibration à recopier.

Avec fuite hors alimentation maximale de 2 µA et rappel ADC 47 kΩ +1 %, le calcul de borne donne 94,94 mV. La récupération d'énergie, les transitoires, les tolérances et l'état physique du Nano demandent une recette spécifique.

Γ=√(Pr/Pd), puis ROS=(1+Γ)/(1−Γ), seulement dans les plages calibrées. Le premier point réfléchi étant 50 mW, le logiciel peut seulement donner une borne nominale sous ce niveau : affichages arrondis vers le haut proches de <1,58 à 1 W, <1,23 à 5 W et <1,16 à 10 W. Ils n'incluent pas encore les incertitudes de directivité et de calibration.

L'interpolation utilise √P entre points réellement mesurés, sans extrapolation. Les ancrages reviennent exactement à leurs puissances nominales ; le point 1 W ne doit pas basculer artificiellement vers LOW à cause de l'arrondi flottant.

Câblage et connectique

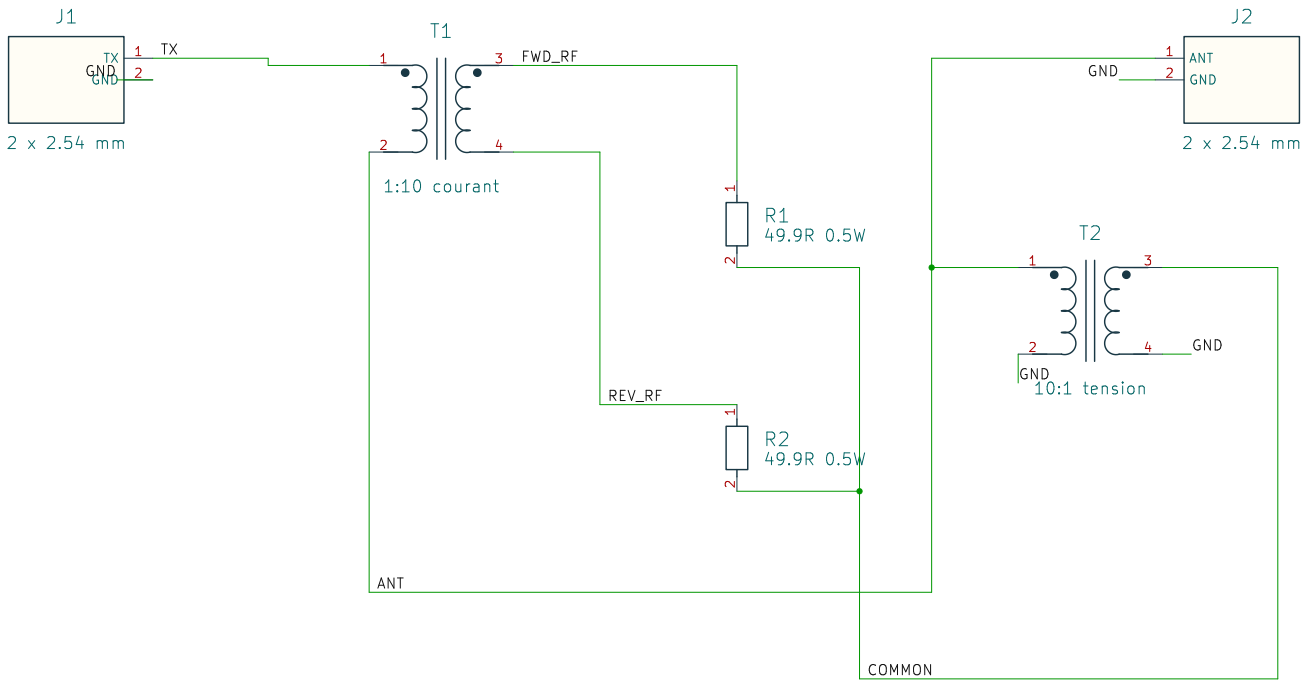
Repère	Connexions	Contrôle
BNC TX/ANT	TX → tête J1.1, ANT → tête J2.1 ; masses → J1.2/J2.2	Source QRP et charge adaptées ; ne pas inverser pour l'usage courant
Détection	Tête J3.1/.2/.3 → commande J1.1/.2/.3	Nappe torsadée ≤150 mm, séparée des coaxiaux
LCD J2	Broches 1..16 vers LCD1.1..16, RW à GND sur carte	D0..D3 LCD inutilisés ; souder LCD-HDR sur le module nu, vérifier le sens 1..16 ; ne pas confondre LCD_D4 et GPIO D4
RV2 bande/J3	J3.1 référence 3,0 V → borne physique 3 (CW) ; J3.2 BAND → borne 2 ; J3.3 GND → borne 1 (CCW) du PDB181	Ne pas brancher ce potentiomètre sur 5 V
S1 RAW/J4	Contacts secs du poussoir entre BUTTON et GND	Maintenir pour observer les codes bruts
USB	Mini-B du Nano classique pour alimentation/programmation	VIN laissé libre ; mesurer les rails avant RF
AREF / autorisation	Nano AREF pastille 18 → VREF_3V0 ; GPIO D4 pastille 7 → ADC_ENABLE	R2 uniquement ; aucune compatibilité avec le contrôleur R1

Lecture du circuit par fonction

Les détails reprennent le schéma natif. Un fil coupé par le cadre porte son nom de connexion ; les vues de câblage précisent les composants hors carte. La feuille complète suit ces vues.

Pont directionnel et transformateurs

T1 prélève le courant ; T2 prélève la tension. Les points marquent les débuts d'enroulement.

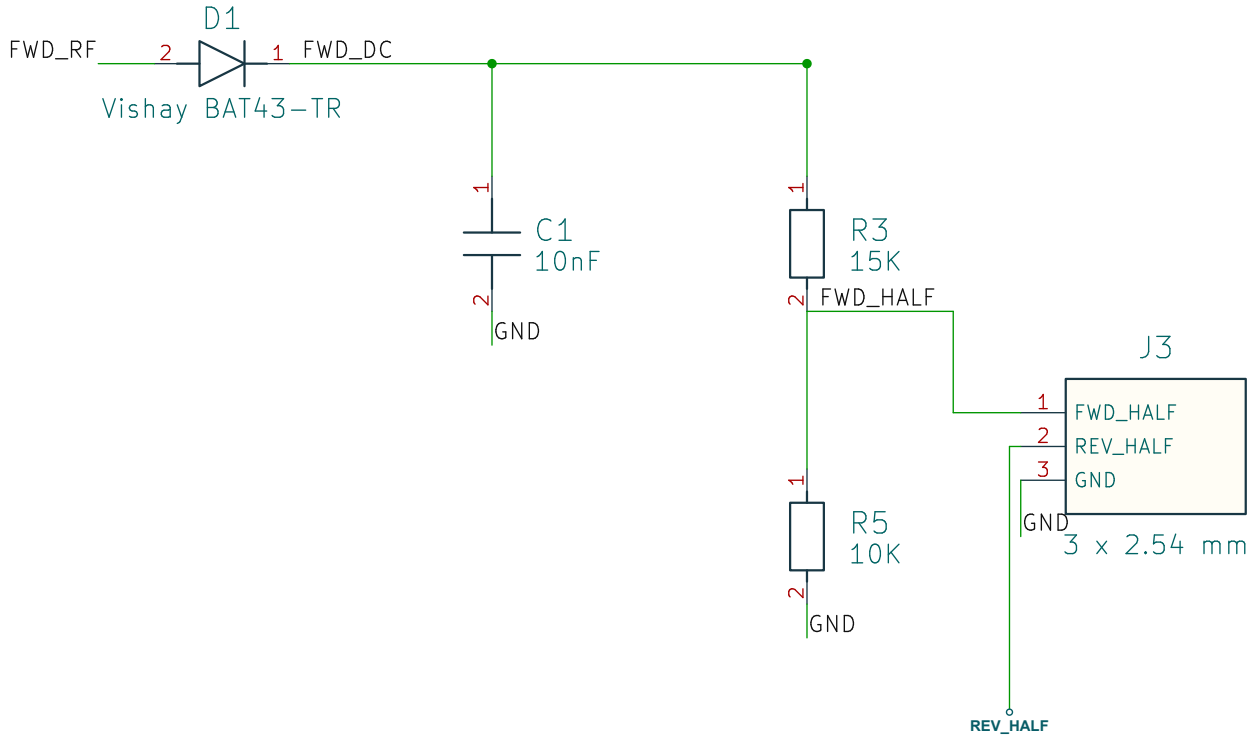


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Pont directionnel et transformateurs — T1 prélève le courant ; T2 prélève la tension. Les points marquent les débuts d'enroulement.

Détection de la voie directe FWD

FWD_RF vient du pont ; le diviseur et le condensateur conditionnent la tension détectée.

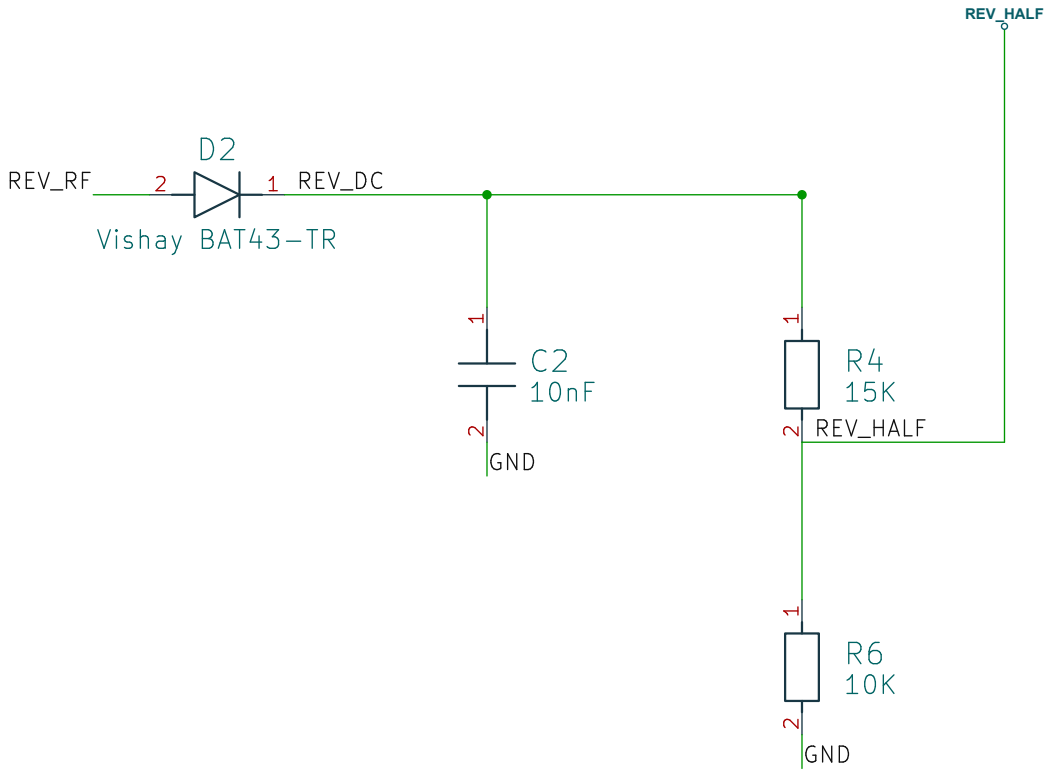


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Détection de la voie directe FWD — FWD_RF vient du pont ; le diviseur et le condensateur conditionnent la tension détectée.

Détection de la voie réfléchie REV

La voie REV possède son propre détecteur. Les trois bornes J3 relient la tête à la commande.



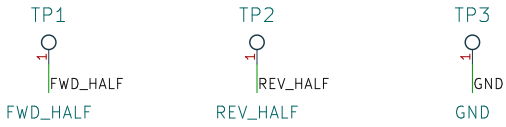
Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Détection de la voie réfléchie REV — La voie REV possède son propre détecteur. Les trois bornes J3 relient la tête à la commande.

ON4CRD · ON4CRD-RK-R2 · swr-head

Points de mesure de la tête RF

Mesurer la porteuse et les détecteurs selon la recette ; aucune valeur de calibration universelle.

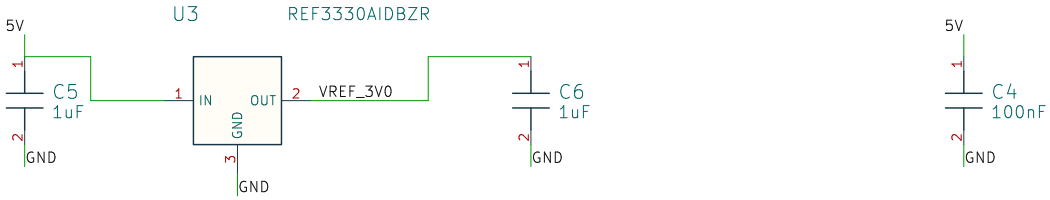


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Points de mesure de la tête RF — Mesurer la porteuse et les détecteurs selon la recette ; aucune valeur de calibration universelle.

Référence ADC et découplages

La référence externe 3,0 V alimente AREF. Respecter l’ordre de démarrage du micrologiciel.

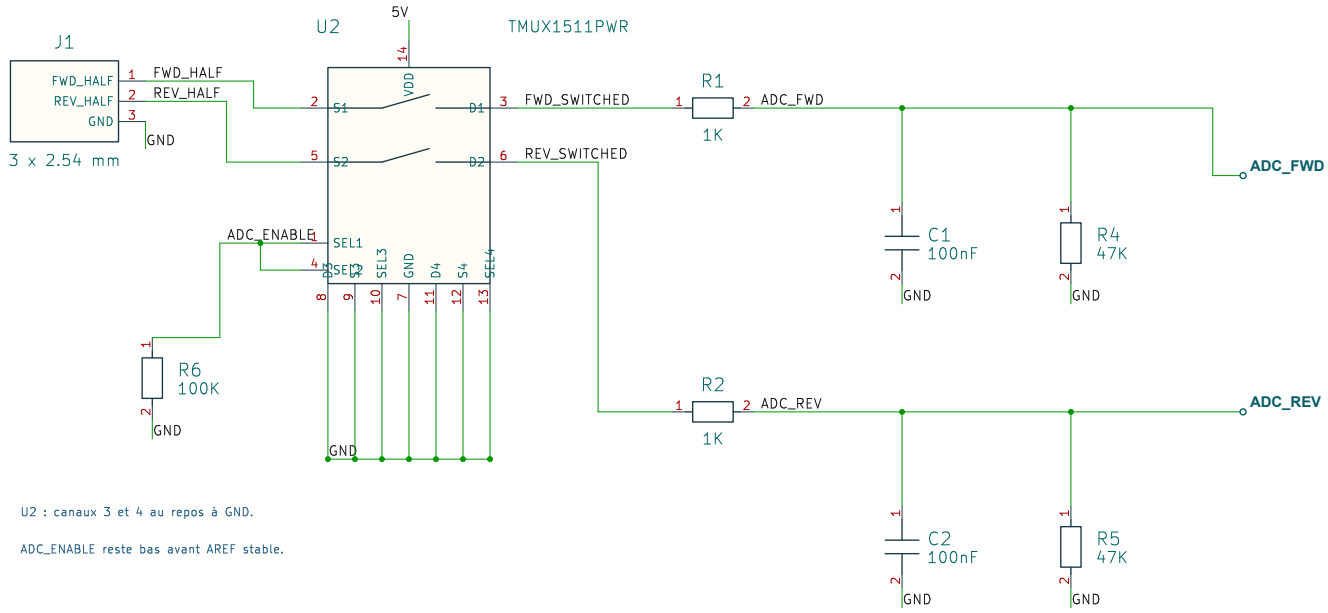


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Référence ADC et découplages — La référence externe 3,0 V alimente AREF. Respecter l’ordre de démarrage du micrologiciel.

Protection hors alimentation et filtres ADC

Le commutateur U2 isole les détecteurs lorsque la commande est hors tension.

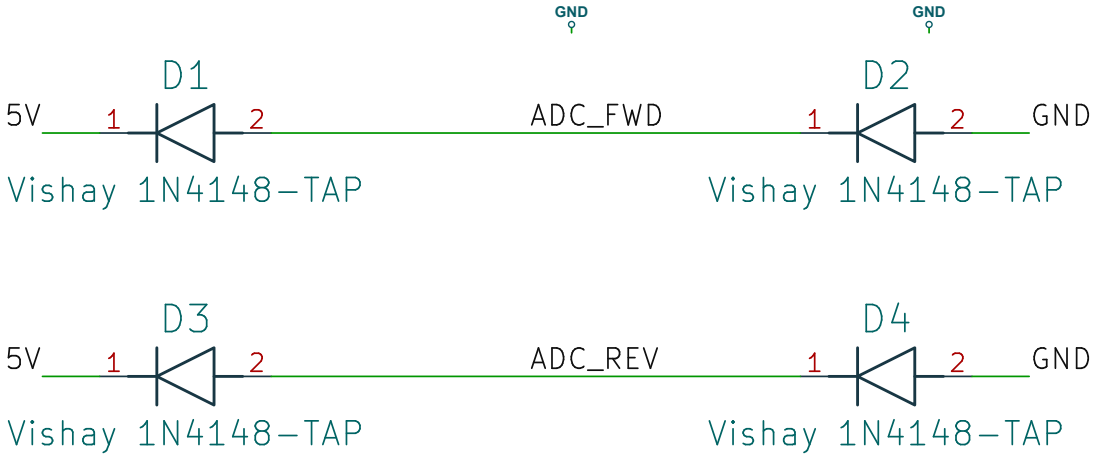


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Protection hors alimentation et filtres ADC — Le commutateur U2 isole les détecteurs lorsque la commande est hors tension.

Diodes d’écrêtage des deux entrées

Même nom ADC_FWD ou ADC_REV = même connexion que les filtres et le Nano.

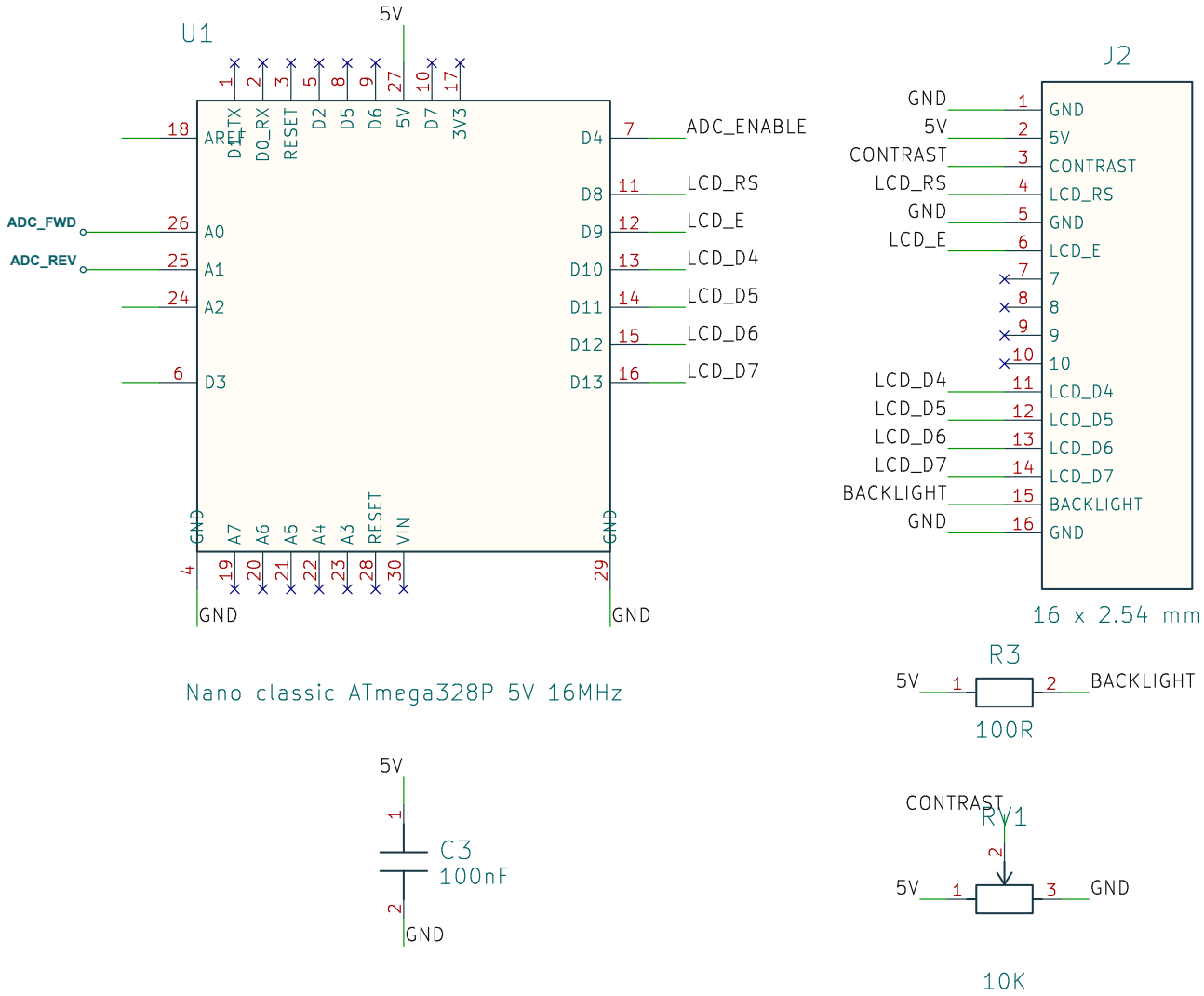


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Diodes d’écrêtage des deux entrées — Même nom ADC_FWD ou ADC_REV = même connexion que les filtres et le Nano.

Acquisition, afficheur et contraste

Les numéros sont les bornes physiques du Nano et du connecteur LCD, pas des numéros de nets.

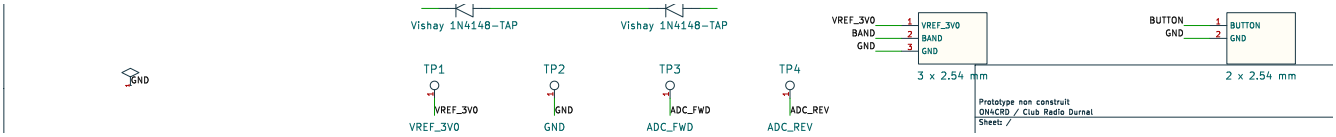


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Acquisition, afficheur et contraste — Les numéros sont les bornes physiques du Nano et du connecteur LCD, pas des numéros de nets.

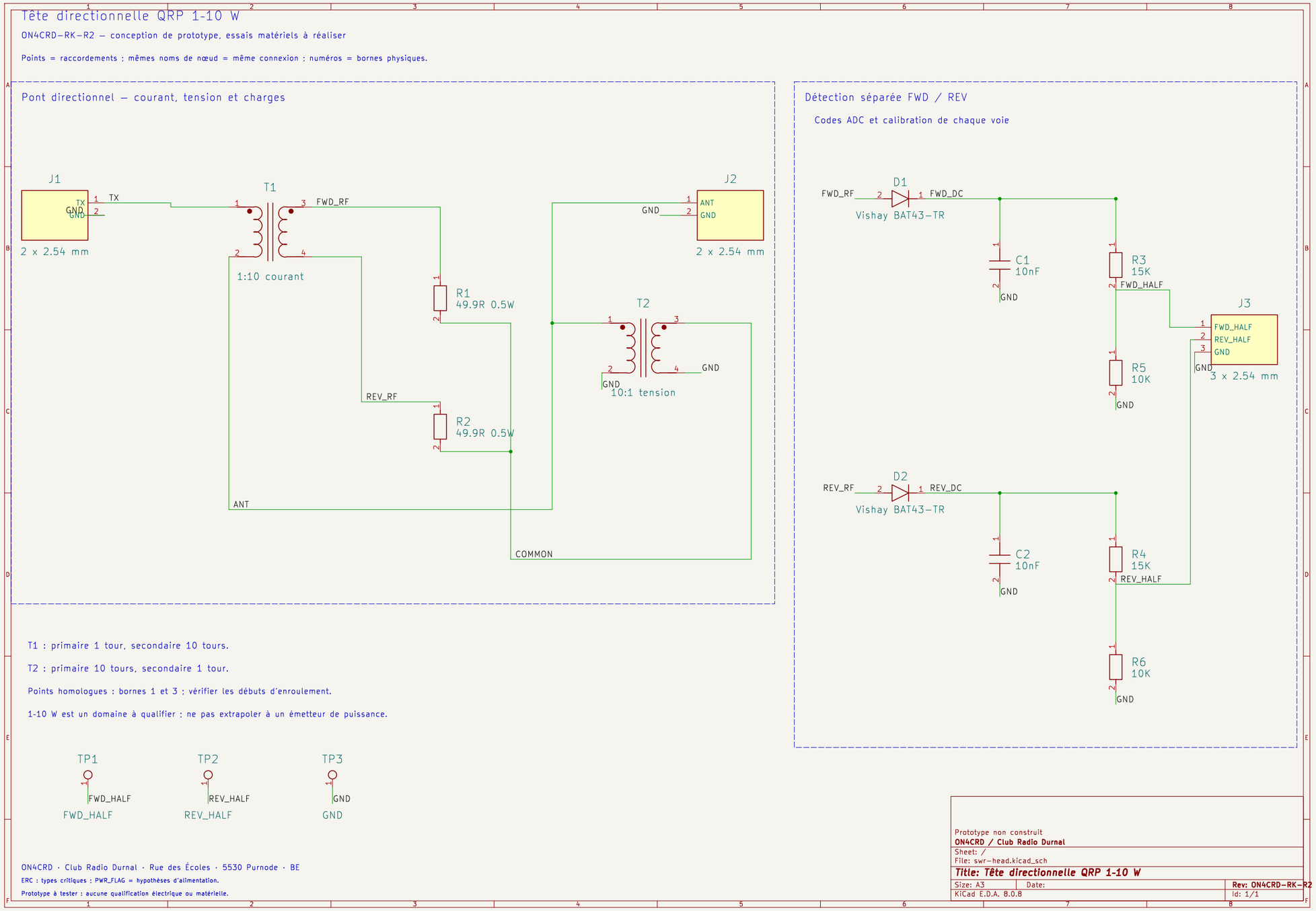
Commandes et points de mesure

J3 reçoit le potentiomètre de bande ; J4 reçoit le poussoir. Les points de mesure sont nommés.

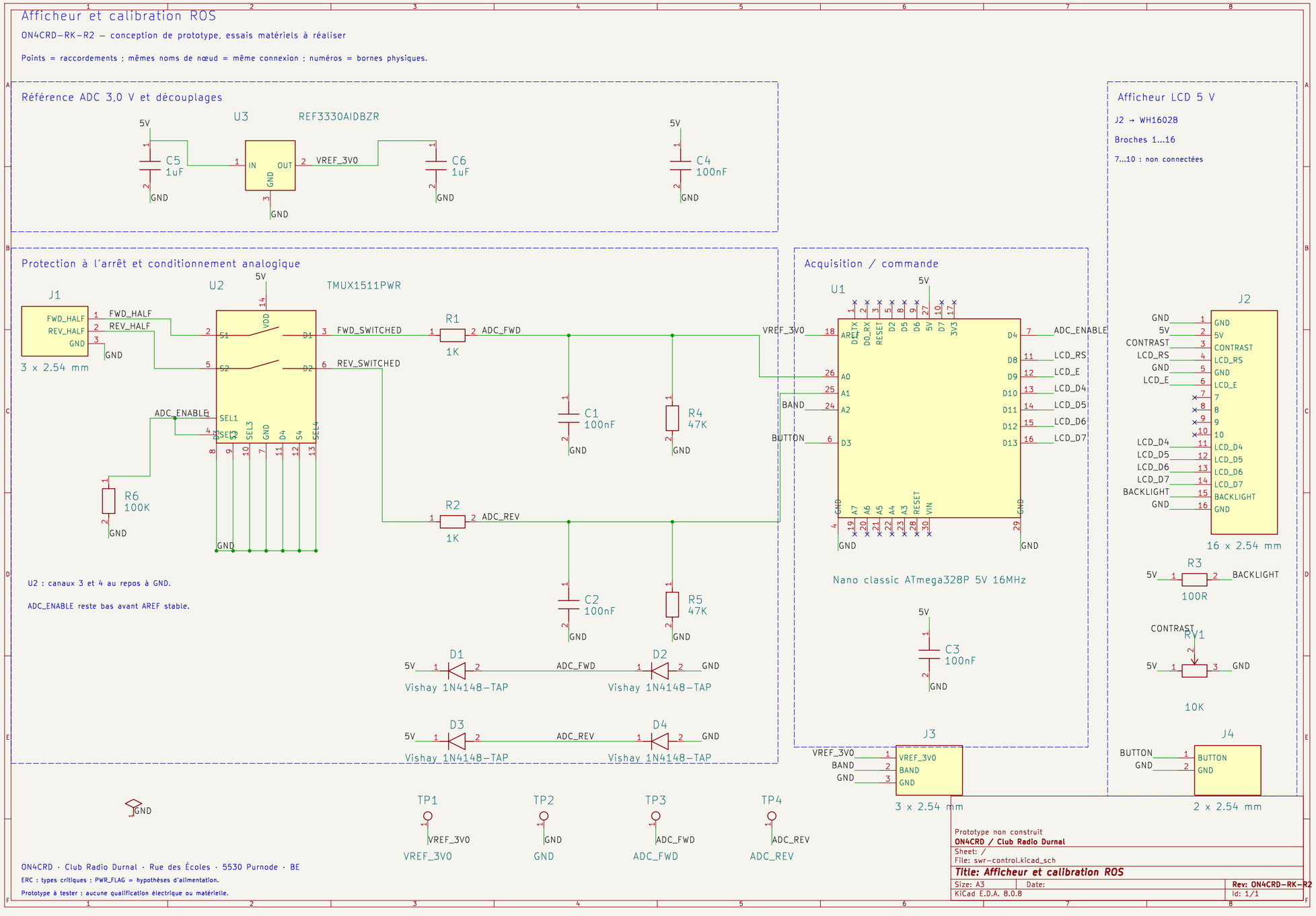


Points = raccordements · mêmes noms = même connexion · prototype à qualifier sur matériel réel

Commandes et points de mesure — J3 reçoit le potentiomètre de bande ; J4 reçoit le poussoir. Les points de mesure sont nommés.



Tête directionnelle QRP 1–10 W — A3 paysage. Le KiCad éditable reste la référence de fabrication.

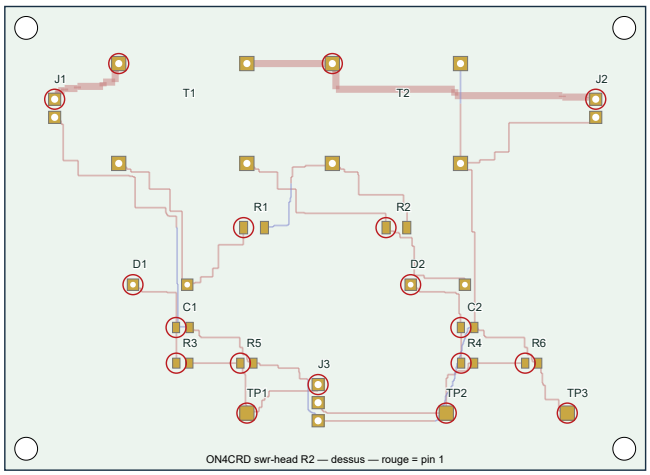


Afficheur et calibration ROS — A3 paysage. Le KiCad éditable reste la référence de fabrication.

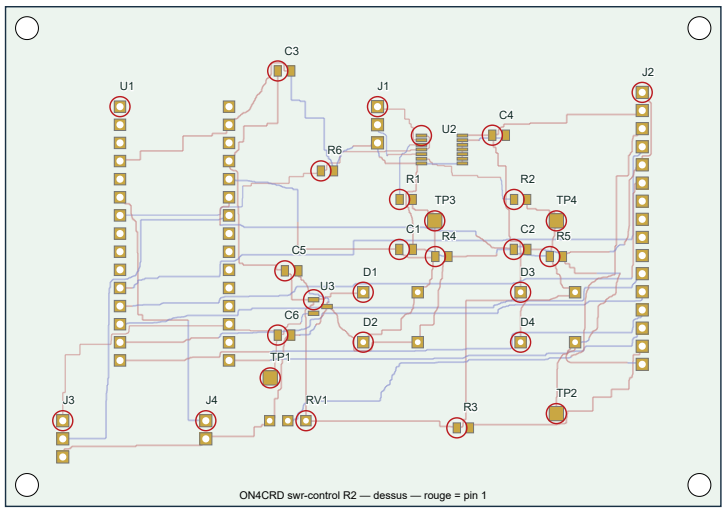
Circuits imprimés et implantation

Fabrication : FR4 1,6 mm, deux couches cuivre 35 µm, masque deux faces. Gerber et perçages Excellon dans fabrication/. Le PCB KiCad donne les dimensions, polarités et numéros de pastilles ; assembly.svg repère les composants et la broche 1.

Les schémas R2 sont organisés en blocs fonctionnels avec fils et types de broches critiques. Des vues de lecture vectorielles détaillent ces fonctions ; les six populations PRE sont renseignées individuellement et le câblage hors carte est dessiné. Le rapport ERC décrit les hypothèses de sources par PWR_FLAG. ERC, DRC et parité netlist/PCB contrôlent les fichiers ; ils ne mesurent ni les performances ni les interfaces physiques.



swr-head — dessus — quantité 1 — cercle rouge : pastille 1.



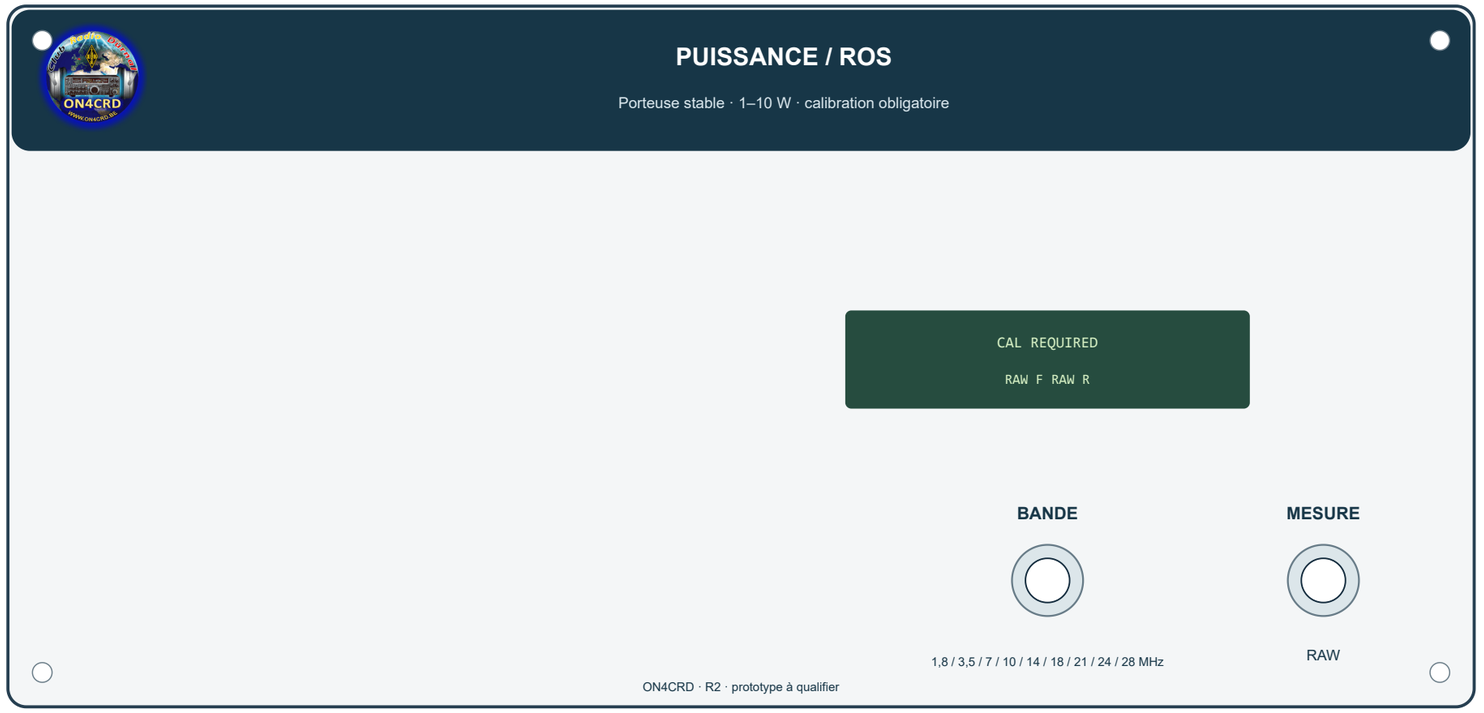
swr-control — dessus — quantité 1 — cercle rouge : pastille 1.

Boîtier et face avant

Boîtier : base, couvercle 3 mm et lèvre de positionnement 2 mm, jeu nominal 0,4 mm. Les STL fermés ont été vérifiés numériquement ; aucune pièce n’a été imprimée ni ajustée. Faire un coupon avec le matériau et l’imprimante choisis avant impression complète.

front.svg/front.dxf sont les plans de perçage ; panel-art.svg est l’habillage, distinct du gabarit. Imprimer à 100 % et contrôler une cote au réglet. Vérifier les pièces achetées avant perçage. preview.svg est une illustration de conception.

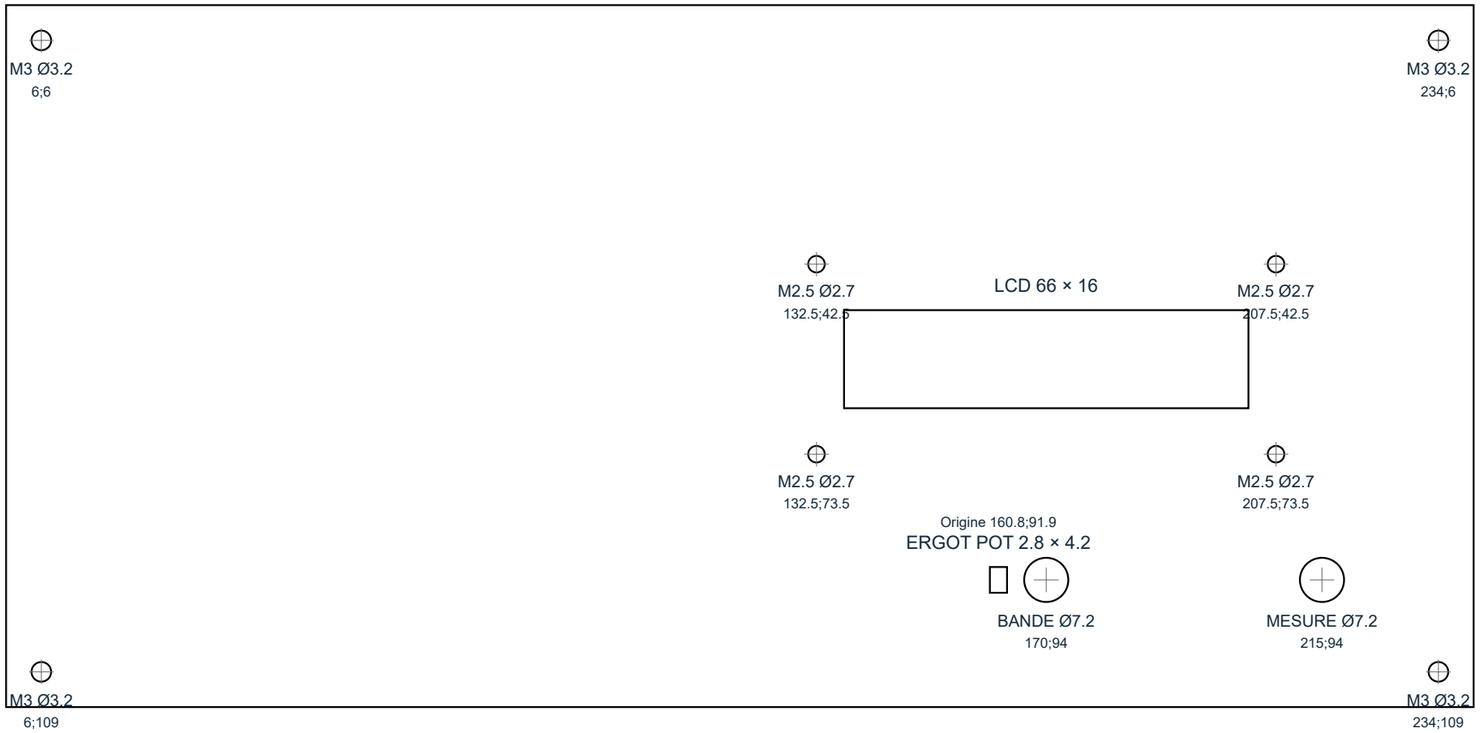
Le PETG n’assure pas un blindage RF. Voir cases/README-fr.txt pour cloisons, isolation et liaisons conductrices. Aucune qualification secteur, CEM ou certification de sécurité n’est fournie.



Habillage et repères des commandes ; utiliser les plans cotés pour le perçage.

ON4CRD swr R2 — face supérieure

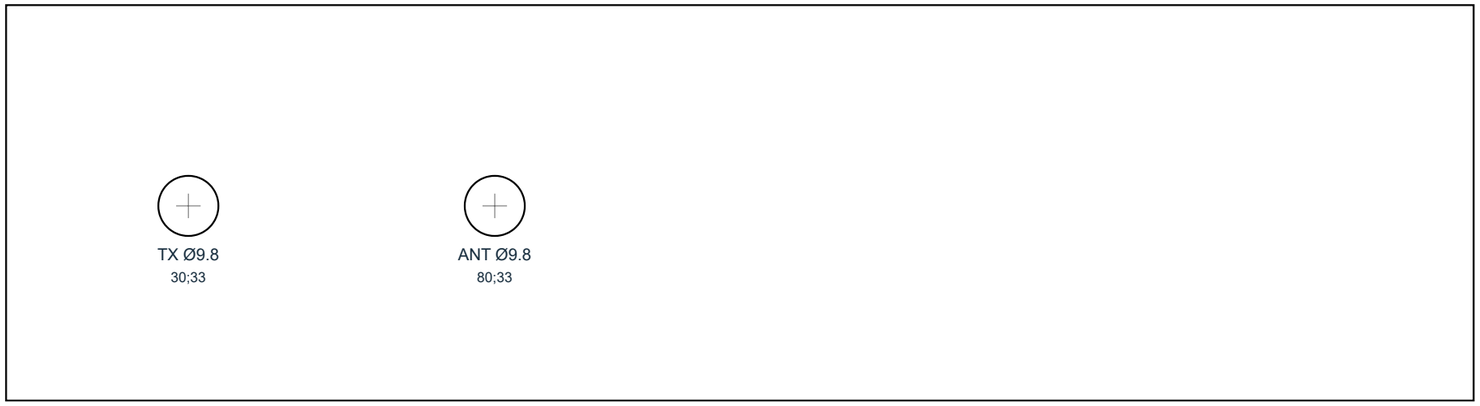
Pièce 240 × 115 mm · origine haut gauche · impression 100 %



Plan de perçage avant et dessus ; cotes en millimètres. Échelle 1:1 dans le PDF, imprimer sans ajuster.

ON4CRD swr R2 — face connecteurs

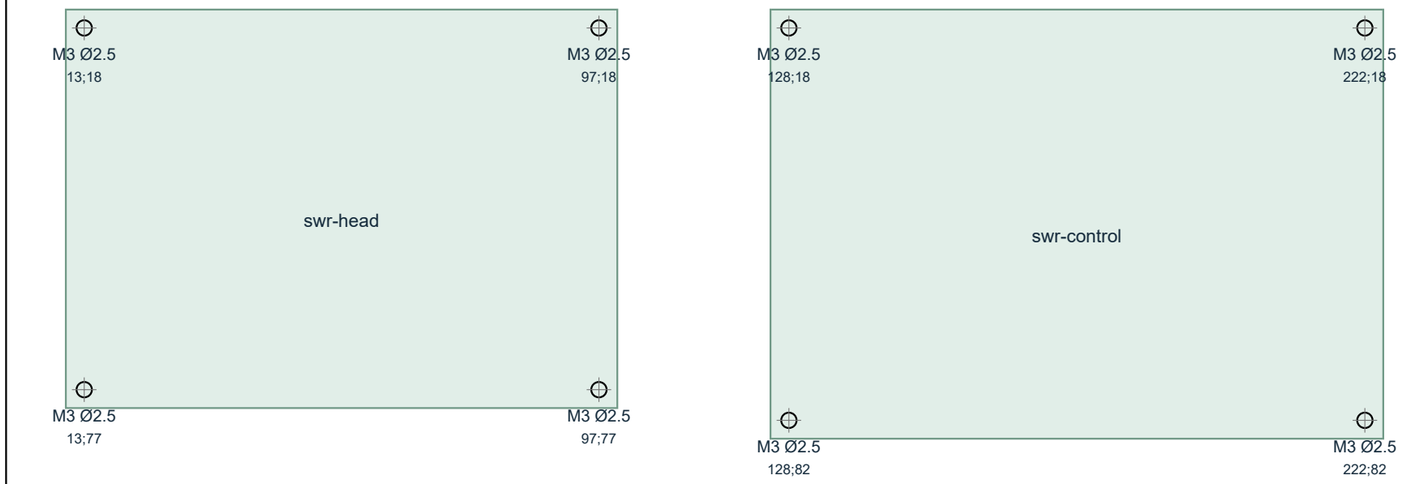
Pièce 240 × 65 mm · origine haut gauche · impression 100 %



Plan arrière ; cotes en millimètres. Échelle 1:1 dans le PDF, imprimer sans ajuster.

Implantation intérieure — cartes à z=9 mm

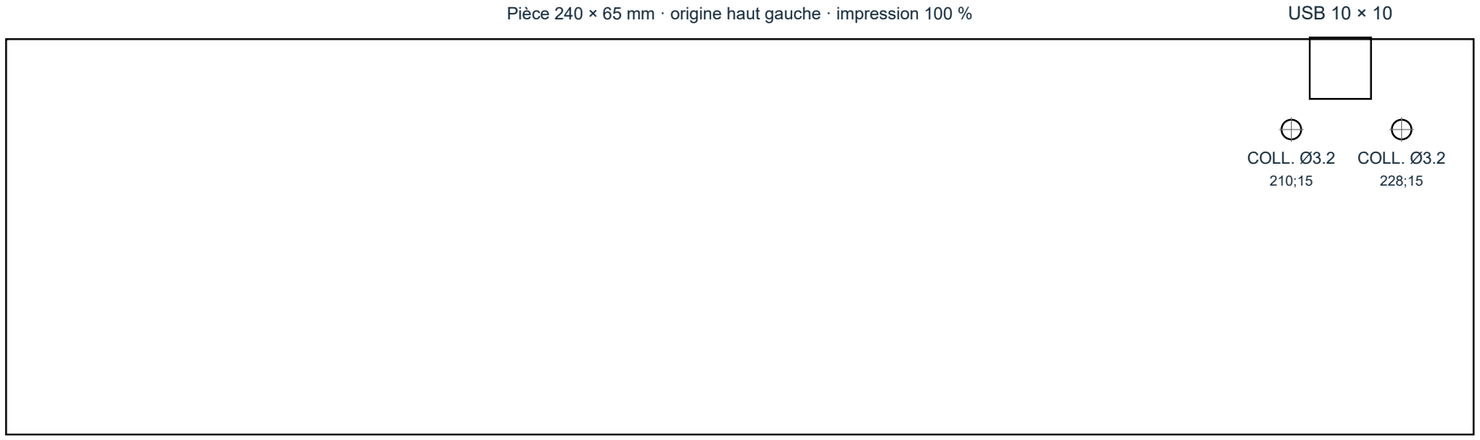
Pièce 240 × 115 mm · origine haut gauche · impression 100 %



Implantation intérieure ; vérifier les dégagements réels. Échelle 1:1 dans le PDF.

Arrière — passage USB et fixation par colliers

Pièce 240 × 65 mm · origine haut gauche · impression 100 %



Face arrière USB et fixation des colliers ; cotes en millimètres, échelle 1:1.

Liste du matériel

DNP / quantité 0 : emplacement non monté. Les points de test peuvent être réalisés en pastilles. Contrôler le CSV et le schéma de la population choisie avant commande.

Référence	Quantité	Valeur / spécification	Référence fabricant	Empreinte / montage
swr-head.J1	1	2 x 2.54 mm	Samtec TSW-102-07-G-S	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical
swr-head.J2	1	2 x 2.54 mm	Samtec TSW-102-07-G-S	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical
swr-head.T1	1	1:10 courant	Amidon BN43-202 + bobinage indiqué	ON4CRD:BN43_202
swr-head.T2	1	10:1 tension	Amidon BN43-202 + bobinage indiqué	ON4CRD:BN43_202
swr-head.R1	1	49.9R 0.5W	Vishay CRCW120649R9FKEAHP	Resistor_SMD:R_1206_3216Metric
swr-head.R2	1	49.9R 0.5W	Vishay CRCW120649R9FKEAHP	Resistor_SMD:R_1206_3216Metric
swr-head.D1	1	Vishay BAT43-TR	Vishay BAT43-TR	Diode_THT:D_DO-35_SOD27_P7.62mm_Horizontal
swr-head.D2	1	Vishay BAT43-TR	Vishay BAT43-TR	Diode_THT:D_DO-35_SOD27_P7.62mm_Horizontal
swr-head.C1	1	10nF	KEMET C0805C103J5GACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-head.R3	1	15K	Yageo RC0805FR-0715KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-head.R5	1	10K	Yageo RC0805FR-0710KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-head.C2	1	10nF	KEMET C0805C103J5GACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-head.R4	1	15K	Yageo RC0805FR-0715KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-head.R6	1	10K	Yageo RC0805FR-0710KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-head.J3	1	3 x 2.54 mm	Samtec TSW-103-07-G-S	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x03_P2.54mm_Vertical
swr-head.TP1	1	FWD_HALF	Pastille de mesure intégrée au PCB	TestPoint:TestPoint_Pad_D2.0mm
swr-head.TP2	1	REV_HALF	Pastille de mesure intégrée au PCB	TestPoint:TestPoint_Pad_D2.0mm
swr-head.TP3	1	GND	Pastille de mesure intégrée au PCB	TestPoint:TestPoint_Pad_D2.0mm

Référence	Quantité	Valeur / spécification	Référence fabricant	Empreinte / montage
swr-head.PCB	1	90 × 65 mm ; FR4 1,6 mm ; 2 couches 35 µm	ON4CRD-RK-R2	Gerber + Excellon
swr-control.U1	1	Nano classic ATmega328P 5V 16MHz	Arduino A000005	Module:Arduino_Nano
swr-control.J1	1	3 x 2.54 mm	Samtec TSW-103-07-G-S	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x03_P2.54mm_Vertical
swr-control.U2	1	TMUX1511PWR	Texas Instruments TMUX1511PWR	Package_SO:TSSOP-14_4.4x5mm_P0.65mm
swr-control.R1	1	1K	Yageo RC0805FR-071KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-control.R2	1	1K	Yageo RC0805FR-071KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-control.C1	1	100nF	KEMET C0805C104K5RACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-control.C2	1	100nF	KEMET C0805C104K5RACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-control.R4	1	47K	Yageo RC0805FR-0747KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-control.R5	1	47K	Yageo RC0805FR-0747KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-control.R6	1	100K	Yageo RC0805FR-07100KL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-control.C4	1	100nF	KEMET C0805C104K5RACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-control.U3	1	REF3330AIDBZR	Texas Instruments REF3330AIDBZR	Package_TO_SOT_SMD:SOT-23
swr-control.C5	1	1uF	KEMET C0805C105K5RACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-control.C6	1	1uF	KEMET C0805C105K5RACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-control.D1	1	Vishay 1N4148-TAP	Vishay 1N4148-TAP	Diode_THT:D_DO-35_SOD27_P7.62mm_Horizontal
swr-control.D2	1	Vishay 1N4148-TAP	Vishay 1N4148-TAP	Diode_THT:D_DO-35_SOD27_P7.62mm_Horizontal
swr-control.D3	1	Vishay 1N4148-TAP	Vishay 1N4148-TAP	Diode_THT:D_DO-35_SOD27_P7.62mm_Horizontal
swr-control.D4	1	Vishay 1N4148-TAP	Vishay 1N4148-TAP	Diode_THT:D_DO-35_SOD27_P7.62mm_Horizontal
swr-control.J2	1	16 x 2.54 mm	Samtec TSW-116-07-G-S	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x16_P2.54mm_Vertical
swr-control.RV1	1	10K	Bourns 3296W-1-103LF	Potentiometer_THT:Potentiometer_Bourns_3296W_Vertical

Référence	Quantité	Valeur / spécification	Référence fabricant	Empreinte / montage
swr-control.R3	1	100R	Yageo RC0805FR-07100RL	Resistor_SMD:R_0805_2012Metric
swr-control.J3	1	3 x 2.54 mm	Samtec TSW-103-07-G-S	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x03_P2.54mm_Vertical
swr-control.J4	1	2 x 2.54 mm	Samtec TSW-102-07-G-S	Connector_PinHeader_2.54mm:PinHeader_1x02_P2.54mm_Vertical
swr-control.C3	1	100nF	KEMET C0805C104K5RACTU	Capacitor_SMD:C_0805_2012Metric
swr-control.TP1	1	VREF_3V0	Pastille de mesure intégrée au PCB	TestPoint:TestPoint_Pad_D2.0mm
swr-control.TP2	1	GND	Pastille de mesure intégrée au PCB	TestPoint:TestPoint_Pad_D2.0mm
swr-control.TP3	1	ADC_FWD	Pastille de mesure intégrée au PCB	TestPoint:TestPoint_Pad_D2.0mm
swr-control.TP4	1	ADC_REV	Pastille de mesure intégrée au PCB	TestPoint:TestPoint_Pad_D2.0mm
swr-control.PCB	1	100 × 70 mm ; FR4 1,6 mm ; 2 couches 35 µm	ON4CRD-RK-R2	Gerber + Excellon
BOX1	1	Base et couvercle PETG R2 avec lèvre de positionnement	enclosure.scad ; voir plans cotés	Fabrication locale
FIX-LID	4	Vis M3x12 + rondelle M3	ISO 7045 / ISO 7089	Couvercle 3 mm
FIX-PCB	8	Vis M3x6 + rondelle isolante	ISO 7045 M3	Ne pas dépasser les avant-trous
INS1	1	Feuille PET isolante 0,25 mm sous cartes	Découpe selon plan intérieur	Ne remplace pas une isolation secteur
BNC1-BNC2	2	BNC femelle panneau 50 Ω à souder	Amphenol RF 031-10-RFX	Trou Ø9,8 mm, rondelle éventail ; vérifier la pièce
SOCK1	2	Support femelle Nano 1×15, pas 2,54 mm	Samtec SSW-115-01-G-S	Nano classique A000005, jamais Every/33/ESP32/R4
LCD1	1	LCD parallèle 16×2, 5 V, 80×36 mm	Winstar WH1602B-TMI-JT#	16 broches ; fenêtre 66×16
RV2	1	Potentiomètre linéaire 10 kΩ, panneau	Bourns PDB181-K420K-103B	Trou Ø7,2 mm ; sens à contrôler au câblage
S1	1	Poussoir normalement ouvert, panneau	E-Switch PS1024ABLK	Trou Ø7,2 mm ; bushing M7×0,75
USB1	1	Câble USB-A vers Mini-B	StarTech USB2HABM1	1 m
WIRE1	1	Coaxial RG316, environ 0,4 m	Belden 83284	50 Ω
WIRE2	1	Cuivre émaillé 0,4 mm + 0,8 mm	Double émail classe 155	Longueurs à ajuster selon bobinage
FOIL1	1	Cuivre adhésif conducteur, environ 0,15 m²	3M 1181	Blindage à vérifier
PART1	1	Cloison cuivre FR4 109×50 mm	FR4 cuivré 1,6 mm	Passage protégé des fils

Référence	Quantité	Valeur / spécification	Référence fabricant	Empreinte / montage
LCD-FIX	4	Vis M2,5x20 + entretoise 10 mm + écrou	ISO 7045 / ISO 4032	Quatre ensembles
LCD-HDR	1	Barrette mâle 1×16 à souder sur le module LCD nu	Samtec TSW-116-07-G-S	Pas 2,54 mm ; distincte de J2 déjà sur la carte de commande
CABLE1	1	Nappe 16 fils 150 mm + deux supports femelles	Samtec SSW-116-01-G-S ×2	Pas 2,54 mm

Montage

1. Monter et inspecter les petites pièces de la commande, dont TMUX1511 TSSOP14 et REF3330 SOT23-3. Vérifier leurs numéros physiques, condensateurs et résistances de rappel. Contrôler le sens du Nano et laisser les broches VIN/3V3 non utilisées selon schéma.
2. Bobiner T1/T2 sur BN43-202 : un tour complet traverse un trou puis revient par l'autre. T1 : primaire 1 tour TX→ANT, secondaire 10 tours FWD_RF→REV_RF. T2 : primaire 10 tours ANT→GND, secondaire 1 tour COMMON→GND. Marquer les débuts T1.1/T1.3 et T2.1/T2.3 avant montage.
3. Vérifier isolation et continuité de chaque enroulement avant soudage. Les quatre bornes de chaque transformateur sont des extrémités de fils distincts ; ne pas relier les enroulements en dehors des nets du schéma.
4. Fixer tête et commande de part et d'autre de la cloison. Poser la nappe et le LCD, puis contrôler toutes les connexions. Programmer seulement le Nano classique au profil indiqué, source RF débranchée.

Réglage et recette matérielle

Critères proposés, à mesurer sur le prototype ; aucune ligne ci-dessous n'est un résultat d'essai.

1. Sans tête RF, alimenter la commande par une source USB maîtrisée. Mesurer 5 V, TP1/VREF_3V0 et la masse ; vérifier le 3,0 V au multimètre adapté et la sélection EXTERNAL dans le firmware. L'écran doit demander CAL REQUIRED tant qu'aucun profil n'est calibré.
2. Vérifier ADC_ENABLE bas pendant reset/défaut, puis son activation normale. Banc basse tension : appliquer aux voies détecteur des tensions connues dans leur domaine, contrôler monotonicité et codes bruts. Vérifier la coupure et le courant de retour lorsque l'USB est retiré, sans supposer les diodes suffisantes.
3. Qualifier la tête à faible puissance, charge 50 Ω et wattmètre de référence. Mesurer la directivité, la réponse en fréquence, les niveaux de tête et les pertes avant toute montée vers le domaine de 10 W.
4. Calibrer un profil à la fois dans les deux sens : b=0..8, points k=0..5 correspondant à 50,100,200,1000,5000,10000 mW. Retourner la tête pour le sens R et rétablir le plan de référence. Relever exclusivement des codes mesurés et contrôler la puissance réelle au point de référence.
5. Console 115200 : SET <b> F|R <k> <adc_mesuré> modifie le brouillon ; DUMP le relit ; ACTIVE relit la table active. APPLY valide en RAM, SAVE valide et conserve le journal ; DISCARD abandonne le brouillon. Une paire F/R incomplète ou non monotone est refusée. Ne jamais copier les valeurs synthétiques des simulations.
6. Couper puis remettre l'alimentation pour contrôler la sauvegarde. Tester profil absent, point hors plage, mesure bruitée, saturation et changement de bande. Relever les erreurs et incertitudes face aux références ; une indication de borne n'est pas une mesure de ROS 1,00.

Dépannage

Observation	Cause à rechercher	Contrôle
CAL REQUIRED / CAL EDIT	Profil absent ou brouillon non appliqué	Relire DUMP/ACTIVE, terminer F/R, APPLY puis SAVE après contrôle
REFERENCE FAULT	Référence absente ou diagnostic hors fenêtre	Mesurer AREF et 5 V, vérifier EXTERNAL et la carte R2 ; REFCHECK après correction
ROS inversé ou directivité faible	Débuts d'enroulement, sens TX/ANT ou couplage	Reprendre T1/T2 et la mesure de tête seule

Observation	Cause à rechercher	Contrôle
RAW instable ou saturé	Nappe, parasites, gamme, masse ou tension excessive	Réduire le niveau, vérifier le domaine et la protection sans désactiver les contrôles
SWR <… / borne nominale	Puissance réfléchie sous le premier point de calibration	Conserver la borne et l’incertitude ; ne pas afficher une précision non démontrée

Micrologiciel, compilation et interfaces

Notice commune aux deux firmwares. Les limites propres au kit restent celles de ce dossier. Les HEX livrés contiennent uniquement l'application, jamais le bootloader.

```
ON4CRD RADIO-KITS R2 — MICROLOGICIELS NANO CLASSIQUE

ÉTAT DU LIVRABLE
Sources C++ compilées pour ATmega328P, 5 V, 16 MHz. Les scénarios AVR exécutent
le code machine .hex ; ils ne remplacent aucun essai sur électronique réelle.
Les détecteurs RF, la référence, le PhotoMOS, le poste et le bootloader physique
ne sont pas modélisés. Aucun téléversement ni essai matériel n'a été effectué.

MATÉRIEL ET CONSTRUCTION
Employer le Nano classique compatible A000005 et le bootloader Optiboot du
profil arduino:avr:nano:cpu=atmega328. Les Nano Every/33/ESP32/R4 ne conviennent
pas. Le profil atmega328old est exclu : son ancien bootloader peut boucler après
un reset watchdog. Vérifier le bootloader réellement présent avant utilisation.
Le rapport de construction vérifie la configuration du cœur et l'empreinte du
fichier Optiboot installé ; il ne prouve pas le contenu d'une carte achetée.

Outils de référence : Arduino CLI 1.3.1 et cœur arduino:avr 1.8.6.
Depuis la racine du dépôt, avec les outils déjà installés :
  node scripts/radio-kits/build-firmware.mjs
  node scripts/radio-kits/simulate-firmware.mjs
ARDUINO_CLI permet de choisir l'exécutable ; RK_BUILD_SCRATCH choisit le
répertoire temporaire de compilation. RK_AVR8JS peut désigner un module
avr8js 0.21.0 installé séparément. Les sources et HEX doivent correspondre
aux SHA-256 du rapport ; le simulateur rejette un binaire périmé.

Le script de construction conserve les fichiers intermédiaires (ELF, EEPROM
et images combinées avec bootloader) dans RK_BUILD_SCRATCH, hors de
l'arborescence publiée. Il copie seulement les applications cw.ino.hex et
swr.ino.hex dans firmware/<projet>/build/. Employer ces seuls HEX applicatifs
avec le profil indiqué ci-dessus.
Débrancher poste CW et source RF pendant programmation et première mise au point.
La compilation ne lance aucun upload. Ne pas reflasher un bootloader sans motif.

RK-CW — CONTRAT ET UTILISATION
D2 point, D3 trait, D4 commande positive du PhotoMOS via son étage transistor,
D6 piezo passif, D7 mode, A0 vitesse. D7 ouvert : mode A ; D7 à la masse : B.
Le mode est mémorisé pour toute la séquence en cours ; un changement de mode
ne transforme pas un relâchement de squeeze déjà engagé. Vitesse 5–40 WPM ;
unité nominale 1200/WPM ms, trait trois unités, intervalle une unité.
La durée est figée à chaque élément. Les contacts sont filtrés 4 ms ; le
potentiomètre est moyenné avec hystérésis. Une nouvelle frappe de la même
palette pendant un élément est mémorisée ; un contact maintenu puis relâché
ne crée pas de queue indue. Le mode B conserve un élément opposé après squeeze.

La sortie reste inactive au démarrage tant que les deux palettes ne sont pas
relâchées. Une activité continue de 30 s provoque l'arrêt ; les deux contacts
doivent ensuite être relâchés pendant 250 ms pour réarmer. Les pauses normales
sans élément en attente terminent la séquence et remettent ce compteur à zéro.
Le watchdog nominal de 2 s redémarre le MCU si le programme cesse de le servir.
Ces durées sont logicielles/nominales ; leur comportement matériel reste à vérifier.
La résistance matérielle de rappel garde la commande inactive pendant reset.

Console USB 115200 bauds, commandes terminées par retour à la ligne :
  STATUS : version, vitesse, mode de la séquence et état.
  STOP   : retire la commande immédiatement, puis impose le relâchement 250 ms.
Les commandes ne permettent jamais d'activer la sortie. Les lignes longues ou
incomplètes depuis plus d'une seconde sont rejetées. Le diagnostic UART est
non bloquant : sous un flot excessif, des réponses peuvent être perdues pour
```

préserver la temporisation CW. STATUS peut être renvoyé après arrêt du flot.
Le firmware ne modélise pas les délais du PhotoMOS : les mesurer séparément.
Le domaine du projet reste 12 V DC / 5 mA à qualifier ; ce n’est pas une sortie
pour manipulateur à tube, tension négative inconnue ou secteur.

RK-SWR — MATÉRIEL R2 OBLIGATOIRE
A0 directe, A1 réfléchie, A2 sélection de bande, D3 poussoir RAW ; LCD parallèle
RS D8, E D9, données D10..D13. D4 ADC_ENABLE commande les deux canaux utiles
du TMUX1511 et reste bas au démarrage/pendant un défaut de référence.
La référence REF3330 3,0 V alimente AREF et le potentiomètre de bande.
analogReference(EXTERNAL) est sélectionné avant toute acquisition. Ne jamais
exécuter ce binaire sur le contrôleur R1 dépourvu de cette référence et du mux.
Les nouveaux diviseurs de tête et résistances de contrôle changent le gain :
une calibration R1 est invalide, et son enregistrement EEPROM est refusé.

Une lecture de la bande interdite interne nominale de 1,1 V contrôle grossièrement
la présence de la référence : fenêtre proposée 300..470 codes sur le convertisseur
10 bits. Ce test volontairement large n’établit pas que la référence vaut 3,000 V,
ne contrôle pas précisément le 5 V USB, et ne remplace pas le multimètre.
Mesurer les rails et AREF avec un instrument adapté avant calibration et usage.
Un défaut détecté est mémorisé, désactive ADC_ENABLE et affiche REFERENCE FAULT.
REFCHECK relance cette vérification grossière après correction de la cause.
Le firmware ne distingue pas un ADC bloqué à une valeur plausible d’une porteuse
réellement stable. Il ne doit pas servir d’interverrouillage d’amplificateur.

CALIBRATION MESURÉE, SANS VALEURS PAR DÉFAUT
Neuf indices de bande 0..8 : 1,8 / 3,5 / 7 / 10 / 14 / 18 / 21 / 24 / 28 MHz.
Six points k=0..5 : 50 / 100 / 200 / 1000 / 5000 / 10000 mW.
Mesurer les deux sens séparément avec une source stable, une charge 50 ohms et
une référence de puissance au plan de la tête. Retourner la tête pour étalonner
le sens réfléchi et revérifier les connexions/plans de référence. Identifier la
paire tête/contrôleur, les instruments, la température et la fréquence de mesure.
Reporter les vrais codes ADC ; aucune valeur de simulation n’est un étalonnage.
Les points doivent croître strictement et être séparés d’au moins trois codes,
dans 3..1018. Ce critère numérique ne certifie pas la qualité des mesures.

Console USB 115200 bauds, commandes avec retour à la ligne :
  SET b F|R k adc : édite le BROUILLON, sans modifier les courbes actives.
  DUMP   : affiche les dix-huit lignes du brouillon, six codes chacune.
  ACTIVE   : affiche les courbes actuellement actives.
  APPLY   : vérifie les paires F/R complètes et les points monotones,
                   puis active en RAM. Toutes les bandes non vides doivent être
                   complètes ; les bandes encore vides restent non calibrées.
  SAVE   : applique un brouillon valide puis sauvegarde dans le journal.
  DISCARD   : abandonne le brouillon depuis le dernier APPLY, pas la RAM active.
  STATUS   : schéma, génération, brouillon modifié, stockage et diagnostic.
  REFCHECK   : contrôle grossier AREF après correction d’un défaut mémorisé.
APPLY seul est perdu à la coupure. L’affichage *RAM le rappelle tant que SAVE
n’a pas réussi. Un brouillon modifié supprime l’affichage numérique et montre
CAL EDIT / APPLY ; une erreur de saisie ne remplace pas la calibration active.
Une paire F/R incomplète ou non monotone ne peut être ni appliquée ni sauvegardée.
Une ligne de commande trop longue, signée, hors limites ou expirée est rejetée.

EEPROM : schéma R2, deux emplacements de 256 octets, enregistrement de 246 octets
avec compteur de génération et CRC16. La signature n’est publiée qu’après les
données et le CRC. Au démarrage, le dernier emplacement valide est choisi ;
une sauvegarde interrompue peut conserver la précédente. SAVE sans modification
ne réécrit pas l’EEPROM. Les dommages, l’usure et les coupures réelles restent
à tester ; le CRC16 n’est pas une certification de sûreté.

MESURE ET AFFICHAGE
Porteuse sinusoïdale stable, domaine à qualifier 1–10 W incident et 1,8–30 MHz.
Aucune mesure PEP. Interpolation d’amplitude sqrt(P) entre les points mesurés,
sans extrapolation ; les points eux-mêmes retournent exactement leur puissance
nominale, notamment la frontière 1 W. Les moyennes de trente-deux conversions
sont contrôlées pour saturation et dispersion ; seuil de dispersion proposé
de douze codes crête à crête, à vérifier avec l’électronique réelle.

Sous 1 W direct, hors plage, en saturation ou avec une calibration absente, le ROS numérique n’est pas affiché. Sous le premier point réfléchi de 50 mW, la valeur affichée est une BORNE NOMINALE supérieure, arrondie vers le haut : environ SWR <1.58 à 1 W, <1.23 à 5 W, <1.16 à 10 W. Ce n’est pas un ROS 1,00 mesuré. Cette borne ne comprend pas les incertitudes des détecteurs, de la directivité et de la calibration ; le dossier de recette doit les déterminer. Au-delà de 99,9 le résultat est borné par SWR >99.9. RAW montre les codes bruts ; la sélection de bande conserve une hystérésis de douze codes aux frontières.

PREUVES ET LIMITES
build-report.json lie outils, sources, HEX et contrat du bootloader. simulation.json lie les mêmes SHA et les scénarios exécutés sur ces HEX : GPIO CW, chronométrages, console, watchdog modélisé, bus LCD 4 bits, ADC et écritures EEPROM sont observés. Les valeurs de calibration de simulation sont synthétiques. Les fichiers ne déclarent aucune mesure matérielle, directivité, erreur système, délai du PhotoMOS ou tenue de puissance réelle.

Mention de non-responsabilité

Ces dossiers sont fournis en l’état, à des fins pédagogiques et expérimentales. Les calculs, simulations et contrôles des fichiers ne constituent ni des performances mesurées, ni une certification, ni la qualification du montage réalisé.

La personne qui construit ou utilise le montage doit vérifier les schémas, composants, connexions et protections, respecter les notices des fabricants et la réglementation applicable, et faire valider sa réalisation avant utilisation. Selon le montage, les tensions électriques, la radiofréquence et la chaleur peuvent provoquer électrocution, brûlures ou incendie. Les essais doivent être réalisés par une personne compétente, en commençant à faible puissance et avec les protections adaptées.

Dans les limites autorisées par la loi, ON4CRD et les contributeurs ne garantissent ni l’aptitude à un usage particulier ni les résultats, et déclinent leur responsabilité pour les dommages résultant de la construction, de la modification ou de l’utilisation. Cette mention ne limite aucun droit impératif ni aucune responsabilité que la loi interdit d’exclure.

Fiche de résultats

À renseigner	Résultat / observation
Constructeur / date / numéro de carte	
Instruments / étalonnage	
Alimentation / fréquence / charge / température	
Contrôle / critère visé / résultat mesuré	
Incertitude / écart / correction / nouvelle mesure	
Conclusion / réserves / signature	

Sources et traçabilité

Point de départ de la réflexion fonctionnelle uniquement : https://radio-kits.ucoz.ru/index/universalnyj_kontroller_quot_swr_uni_quot_izmeritelja_ksv_i_moshhnosti/0-117
Conception indépendante ON4CRD : exigences, dimensionnement, interfaces et procédures de recette sont définis dans ce dossier. Les fiches Radio-kits ne constituent pas une validation de cette réalisation. Aucun schéma, image ou firmware du site source n’est redistribué.
TLC555 CMOS, brochage et astable : https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tlc555.pdf
T50-2 AL=4.9 nH/tour² : https://www.amidoncorp.com/2-material-iron-powder-toroids/
Nano classique : https://docs.arduino.cc/hardware/nano
Nano numérotation physique : https://www.arduino.cc/en/uploads/Main/ArduinoNanoManual.pdf
TMUX1511 — brochage et protection hors alimentation : https://www.ti.com/lit/ds/symlink/tmux1511.pdf
REF3330 — référence 3,0 V et stabilité : https://www.ti.com/lit/ds/symlink/ref33.pdf
AQY221R2SZ — PhotoMOS rapide : https://industry.panasonic.com/global/en/products/control/relay/photomos/number/aqy221r2sz
2N3904 — E/B/C et saturation : https://www.onsemi.com/download/data-sheet/pdf/2n3904-d.pdf
WH1602B : https://www.winstar.com.tw/zh-tw/products/lcd-display/character-lcd-display-module/lcd-display-16x2.html

BNC 031-10-RFX, dessin de montage : https://www.amphenolrf.com/en-us/assets/file/4065787930/
Jack 35FM3, dessin de montage : https://www.switchcraft.com/assets/1/24/35FM3_Series_CD.PDF
Commutateur CK : https://lorlinelectronics.co.uk/?product=ck

Mention de non-responsabilité

Mention de non-responsabilité

Ces dossiers sont fournis en l’état, à des fins pédagogiques et expérimentales. Les calculs, simulations et contrôles des fichiers ne constituent ni des performances mesurées, ni une certification, ni la qualification du montage réalisé.

La personne qui construit ou utilise le montage doit vérifier les schémas, composants, connexions et protections, respecter les notices des fabricants et la réglementation applicable, et faire valider sa réalisation avant utilisation. Selon le montage, les tensions électriques, la radiofréquence et la chaleur peuvent provoquer électrocution, brûlures ou incendie. Les essais doivent être réalisés par une personne compétente, en commençant à faible puissance et avec les protections adaptées.

Dans les limites autorisées par la loi, ON4CRD et les contributeurs ne garantissent ni l’aptitude à un usage particulier ni les résultats, et déclinent leur responsabilité pour les dommages résultant de la construction, de la modification ou de l’utilisation. Cette mention ne limite aucun droit impératif ni aucune responsabilité que la loi interdit d’exclure.