

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 15.06.12.

30 Priorité : 28.07.11 FR 1156881.

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 01.02.13 Bulletin 13/05.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : STMICROELECTRONICS (CROLLES
2) SAS Société par actions simplifiée — FR et STMICROELECTRONICS SA Société anonyme — FR.

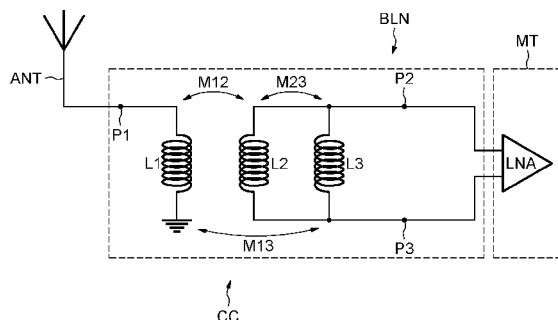
72 Inventeur(s) : GIANESELLO FREDERIC, PILARD
ROMAIN et DURAND CEDRIC.

73 Titulaire(s) : STMICROELECTRONICS (CROLLES 2)
SAS Société par actions simplifiée, STMICROELECTRONICS SA Société anonyme.

74 Mandataire(s) : BUREAU D.A. CASALONGA &
JOSSE.

54 TRANSFORMATEUR DU TYPE SYMETRIQUE-DISSYMETRIQUE.

57 Transformateur du type symétrique-dissymétrique,
qui comprend un circuit primaire inductif (L1) et un circuit se-
condaire inductif (L2) logés à l'intérieur d'un enroulement in-
ductif supplémentaire (L3) connecté en parallèle aux bornes
du circuit secondaire et en couplage inductif avec le circuit
primaire et le circuit secondaire.



Transformateur du type symétrique-dissymétrique

5 L'invention concerne les transformateurs intégrés du type symétrique-dissymétrique communément désignés par l'homme du métier sous la dénomination anglo-saxonne de « BALUN » (BALanced to UNbalanced).

L'invention s'applique par exemple en téléphonie mobile ou dans le domaine des radars automobiles.

10 La réalisation de systèmes intégrés en silicium, qu'ils soient de puissance ou de traitement, se fait de plus en plus avec des structures différentielles et d'impédance de référence variable pour les parties analogiques. Le monde « externe », reste lui essentiellement un système du type mode commun et d'impédance de référence 50 Ω .

15 La liaison entre une ligne de transmission symétrique et une ligne de transmission asymétrique ne peut être réalisée sans un circuit électrique adapté. Cette transition est assurée par un transformateur du type symétrique-dissymétrique encore appelé « balun ».

20 Un balun convertit par exemple un signal de type mode commun en un signal de type mode différentiel, et inversement, et assurent les transformations d'impédance. L'une des caractéristiques électriques principales d'un balun est sa perte d'insertion, qui doit être la plus faible possible.

25 Les baluns peuvent encore être utilisés par exemple dans des circuits de réception et d'émission de systèmes de communication sans fil, pour la conception de circuits différentiels tels que des amplificateurs, des mélangeurs, des oscillateurs et des systèmes d'antenne.

30 Les baluns peuvent être réalisés avec des lignes de transmission telles que des coupleurs de Lange, des coupleurs de type en forme de cercle communément désignés par l'homme du métier sous la dénomination anglo-saxonne « Rat-race », ou des coupleurs de Marchand, ou bien avec des inductances empilées ou coplanaires.

Dans les circuits d'émission et de réception de systèmes de communication sans fil, l'impédance côté différentiel peut être basse, typiquement de l'ordre de 10 à 20 Ohms pour un amplificateur faible bruit tandis que l'impédance côté mode commun, c'est-à-dire du côté de l'antenne, est, comme indiqué ci-avant, généralement de l'ordre de 50 Ohms. Il s'ensuit donc la nécessité d'avoir un rapport de transformation supérieur à 2, ce qui est particulièrement compliqué à réaliser.

Par ailleurs, en émission, l'amplificateur de puissance doit être alimenté avec un courant de l'ordre de quelques centaines de milliampères. Et, si l'on souhaite alimenter l'amplificateur de puissance par l'intermédiaire du transformateur (balun), il s'ensuit un impact sur la performance de ce balun.

Selon un mode de réalisation, il est proposé une architecture de balun permettant d'obtenir un rapport élevé de transformation tout en limitant l'impact sur la performance du balun, en particulier ses pertes d'insertion.

Selon un autre mode de réalisation, il est proposé une architecture de balun permettant d'alimenter un amplificateur de puissance en limitant l'impact sur la performance du balun.

Selon un aspect, il est proposé un transformateur du type symétrique-dissymétrique comprenant un circuit primaire inductif et un circuit secondaire inductif logés à l'intérieur d'un enroulement inductif supplémentaire connecté en parallèle aux bornes du circuit secondaire, et en couplage inductif avec le circuit primaire et le circuit secondaire.

Le fait de connecter une inductance en parallèle sur le circuit secondaire permet d'obtenir un rapport de transformation supérieur à 2.

Par ailleurs, le fait de loger le circuit primaire et le circuit secondaire à l'intérieur de l'enroulement inductif (l'enroulement inductif entoure le circuit primaire et le circuit secondaire) permet d'obtenir un fort couplage entre l'enroulement inductif et le circuit

primaire et le circuit secondaire, ce qui contribue encore à augmenter le rapport de transformation.

5 Par ailleurs, les pertes d'insertion sont limitées par rapport à une inductance qui serait connectée en parallèle sur le circuit secondaire mais à l'extérieur de ce circuit secondaire, et, cet aspect de l'invention offre également un gain de place appréciable.

10 Selon un autre mode de réalisation, permettant notamment d'alimenter un composant, par exemple un amplificateur de puissance, par l'intermédiaire du transformateur tout en relâchant les contraintes de densité de courant au niveau du circuit secondaire, le transformateur comprenant en outre deux condensateurs respectivement connectés entre les deux bornes de l'enroulement inductif supplémentaire et les deux bornes du circuit secondaire inductif, et l'enroulement inductif supplémentaire possède un point milieu destiné à être couplé à une source de tension continue.

15 Le transformateur est avantageusement réalisé de façon intégrée au dessus d'un substrat semi conducteur.

20 Selon un autre aspect, il est proposé un circuit, par exemple un circuit d'émission ou de réception d'un dispositif de communication sans fil, comprenant une antenne, des moyens de traitement, et un transformateur tel que défini ci avant, connecté entre l'antenne et les moyens de traitement.

25 D'autres avantages et caractéristiques de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée de modes de réalisation nullement limitatifs, et des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 illustre schématiquement un schéma électrique d'un mode de réalisation d'un transformateur selon l'invention incorporé dans un mode de réalisation d'un circuit selon l'invention,
- 30 - la figure 2 illustre plus en détail un mode de réalisation d'un transformateur selon l'invention, et
- la figure 3 illustre plus en détail un mode de réalisation d'un transformateur selon l'invention.

Sur la figure 1, la référence BLN représente un transformateur symétrique/asymétrique communément désigné par l'homme du métier sous la dénomination anglosaxonne de « balun ». Ce transformateur comprend un circuit inductif primaire L1 et un circuit inductif
5 secondaire L2 mutuellement en couplage inductif (coefficient M12).

Le transformateur BLN comporte également un enroulement inductif L3 connecté en parallèle aux bornes du circuit secondaire L2.

L'enroulement inductif L3 est en couplage inductif avec le circuit secondaire L2 (coefficient M23) ainsi qu'avec le circuit
10 primaire L1 (coefficient M13).

Les deux ports P2 et P3 correspondant aux deux bornes de l'enroulement inductif L3 forment une entrée/sortie différentielle tandis que le port P1, connecté à une borne du circuit primaire L1, forme une entrée/sortie unique.

15 L'autre borne du circuit primaire L1 est généralement reliée à la masse.

Lorsque le balun BLN est disposé dans un circuit CC, par exemple un circuit de réception d'un appareil de communication sans fil équipé d'une antenne ANT, le port P1 est connecté à l'antenne ANT
20 tandis que les ports P2 et P3 sont connectés à l'entrée différentielle de moyens de traitement MT, comportant par exemple dans le cas présent un amplificateur faible bruit LNA.

Le transformateur BLN permet ainsi d'effectuer une adaptation d'impédance entre l'impédance vue du port P1 qui est généralement de
25 50 Ohms, et l'impédance d'entrée de l'amplificateur LNA qui peut être de 20 Ohms.

D'une façon générale, et comme illustré plus particulièrement sur l'exemple de la figure 2, le circuit primaire L1 et le circuit secondaire L2 sont logés à l'intérieur de l'enroulement inductif L3.

30 L'enroulement inductif L3 est ici un enroulement symétrique et coplanaire avec les circuits L1 et L2.

Les inductances utilisées pour les circuits primaire, secondaire et pour l'enroulement inductif peuvent avoir différentes formes, telles que des inductances rectangulaires, octogonales ou circulaires, et

présenter un nombre de tours variables. Les inductances peuvent être disposées de manière coplanaire et/ou empilées.

5 Ainsi, dans l'exemple de la figure 2, les circuits primaire et secondaire L1 et L2 sont des circuits réalisés sur plusieurs niveaux de métal, par exemple deux niveaux de métal, de façon entrelacée et empilée.

Il en est de même pour l'inductance L3.

Le transformateur est ici réalisé de façon intégrée sur un substrat semiconducteur SB, par exemple en silicium.

10 Cela étant, tout type de circuit secondaire et de circuit primaire convient. On peut par exemple utiliser le circuit primaire et le circuit secondaire du transformateur de la société STATS ChipPAC Ltd (Singapour) désigné par la référence SCI-101W ou SCI-101F.

15 Un autre mode de réalisation du transformateur BLN est illustré sur la figure 3. Par rapport au mode de réalisation de la figure 1, le transformateur BLN comporte deux condensateurs C1, C2 séparant le circuit secondaire L2 et l'enroulement inductif L3.

20 Par ailleurs, l'enroulement inductif L3 possède un point milieu PM destiné à être connecté à une source de tension continue SC, de façon à polariser les ports P2 et P3.

Bien entendu là encore dans ce mode de réalisation le circuit primaire L1 et le circuit secondaire L2 sont logés à l'intérieur de l'enroulement inductif L3.

25 Outre les caractéristiques qui viennent d'être décrites, les valeurs capacitives des condensateurs C1 et C2 sont avantageusement choisies suffisamment élevées pour laisser transiter un signal radiofréquence des ports P2 et P3 vers le port P1 (ces condensateurs peuvent alors être considérés comme « transparents » dans le domaine radiofréquence).

30 La valeur capacitive minimale acceptable de ces condensateurs diminue avec la fréquence du signal radiofréquence.

L'homme du métier saura choisir les valeurs capacitives de ces condensateurs en fonction de la fréquence du signal radiofréquence et

d'un compromis entre les pertes de transmission et l'encombrement surfacique de ces condensateurs.

5 A titre indicatif, pour un signal radiofréquence de 800 MHz, on peut choisir une valeur capacitive de 60 pF pour les condensateurs C1 et C2. Cela étant compte tenu de l'encombrement surfacique important d'un tel condensateur, un compromis acceptable se situe aux alentours de 30 pF.

10 Pour un signal radiofréquence de 2,5 GHz on peut choisir C1 et C2 de l'ordre de 20pF et de l'ordre de 10 pF pour une fréquence de 5 GHz.

15 Par ailleurs la présence de ces condensateurs permet d'isoler le circuit secondaire L2 du courant continu de polarisation. Il devient alors possible de polariser par l'intermédiaire du transformateur, un composant, par exemple un amplificateur de puissance PA d'une chaîne de transmission radiofréquence, connecté aux ports P2 et P3, avec un courant de polarisation relativement élevé, par exemple de l'ordre de 50 à 100 mA en relâchant les contraintes de densité de courant dans le circuit secondaire L2 (puisque l'on ne polarise pas par l'intermédiaire du circuit secondaire L2) et en les reportant sur 20 l'enroulement inductif L3 qui n'a pas besoin de présenter un fort facteur de qualité.

25 Ceci est particulièrement avantageux car une polarisation par l'intermédiaire du circuit L2 aurait conduit à une augmentation de la taille de l'enroulement L2, donc de sa capacité parasite et par conséquent à une baisse de la fréquence de coupure du transformateur et in fine à une diminution de ses performances.

30 Par ailleurs, la valeur inductive de l'enroulement L3 est avantageusement choisie pour réduire autant que possible un passage du signal radiofréquence dans L3 vers la source de polarisation. A titre indicatif, pour un signal radiofréquence de 2,5 GHz on peut choisir L3 de l'ordre de 3 nH et de l'ordre de 1,5 nH pour une fréquence de 5 GHz.

D'une façon plus générale le rapport C/L (où C désigne la valeur capacitive en pF du condensateur C1 ou C2 et L la valeur

inductive en nH de l'enroulement L3) définit la portion de signal radiofréquence qui transite par les condensateurs et celle qui transite dans l'enroulement L3 vers la source de polarisation. Ce rapport est avantageusement choisi, indépendamment de la fréquence du signal, entre 5 et 10, par exemple égal à 7.

REVENDICATIONS

1. Transformateur du type symétrique-dissymétrique, caractérisé en ce qu'il comprend un circuit primaire inductif (L1) et un circuit secondaire inductif (L2) logés à l'intérieur d'un enroulement inductif supplémentaire (L3) connecté en parallèle aux bornes du circuit secondaire et en couplage inductif avec le circuit primaire et le circuit secondaire.
2. Transformateur selon la revendication 1, dans lequel l'enroulement inductif supplémentaire (L3) est symétrique et coplanaire avec les circuits primaire (L1) et secondaire (L2).
3. Transformateur selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les circuits primaire (L1) et secondaire (L2) sont réalisés sur plusieurs niveaux de métal de façon entrelacée et empilée.
4. Transformateur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'enroulement supplémentaire (L3) est réalisé sur plusieurs niveaux de métal de façon entrelacée et empilée.
5. Transformateur selon l'une des revendications précédentes, comprenant en outre deux condensateurs (C1, C2) respectivement connectés entre les deux bornes de l'enroulement inductif supplémentaire (L3) et les deux bornes (P2, P3) du circuit secondaire inductif (L2), et dans lequel l'enroulement inductif supplémentaire (L3) possède un point milieu destiné à être couplé à une source de tension continue.
6. Transformateur selon la revendication 5, dans lequel le rapport entre la valeur capacitive des condensateurs (C1, C2) et la valeur inductive de l'enroulement inductif supplémentaire (L3) est compris entre 5 et 10.
7. Transformateur selon l'une des revendications précédentes, réalisé de façon intégrée au dessus d'un substrat semiconducteur.
8. Circuit comprenant une antenne, des moyens de traitement et un transformateur selon l'une des revendications précédentes, connecté entre l'antenne et les moyens de traitement.

FIG.1

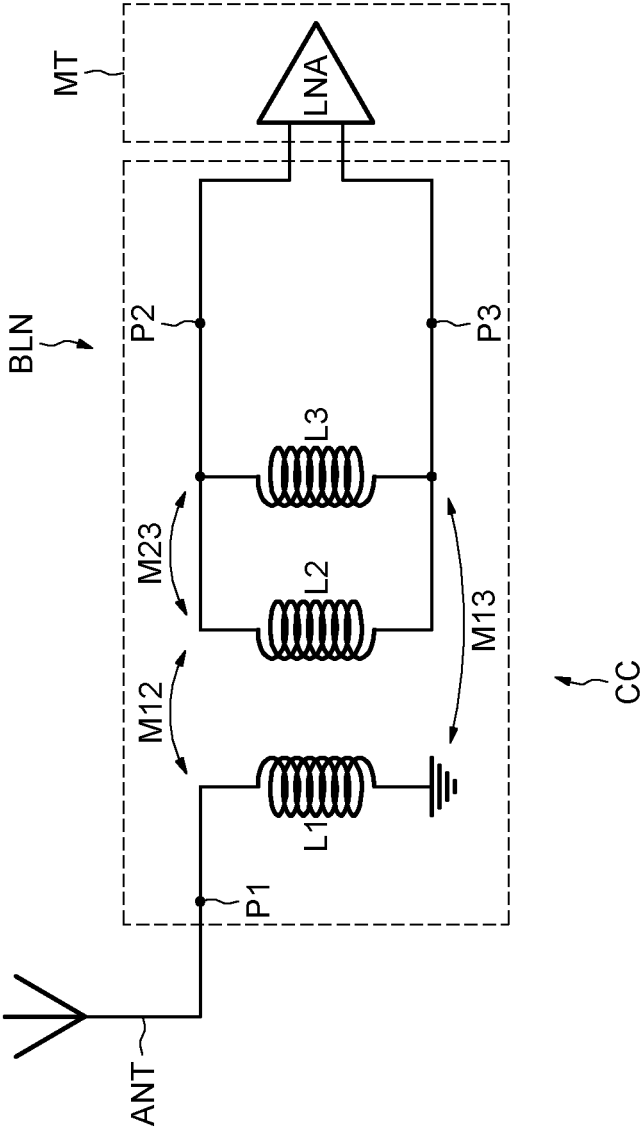


FIG.2

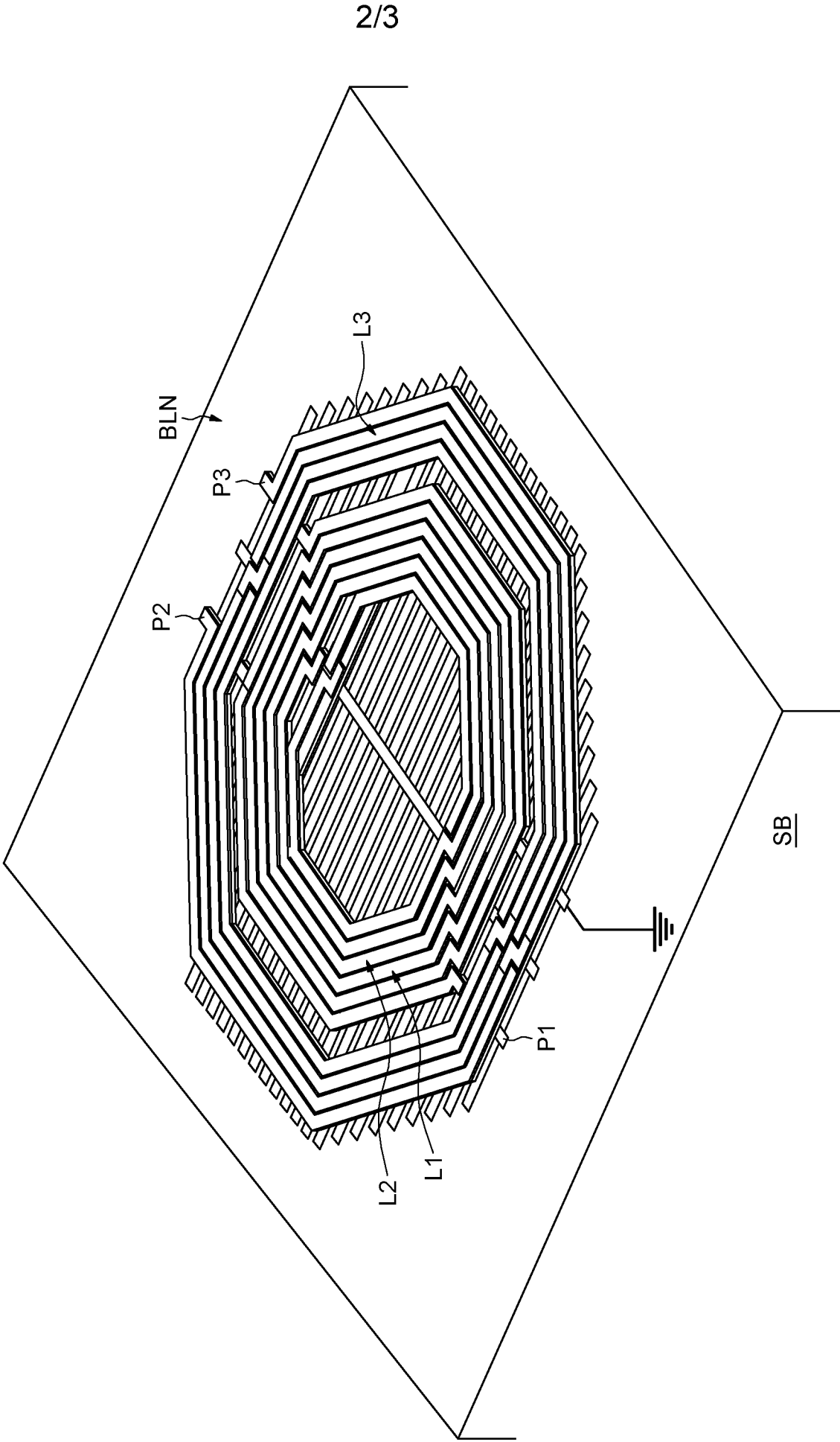
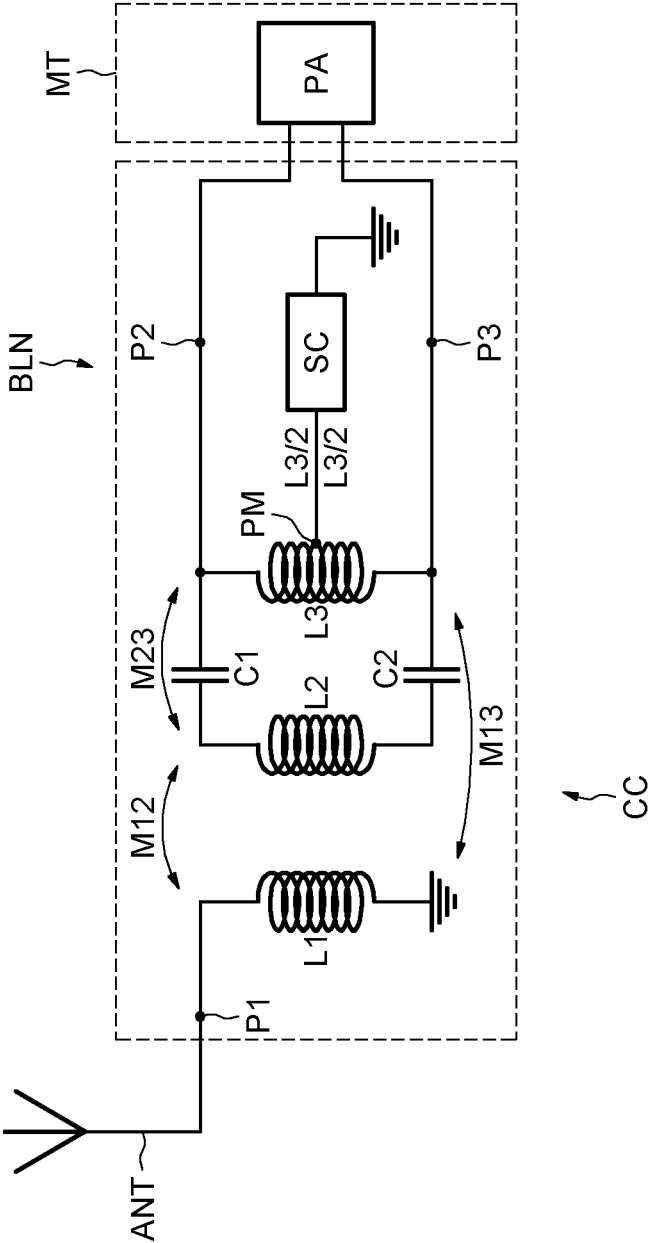


FIG.3





RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 765852
FR 1255603

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2008/139131 A1 (MACPHAIL PHILIP [GB]) 12 juin 2008 (2008-06-12)	1,2,7	H01F17/00 H03H7/42
Y	* alinéas [0035] - [0039]; figure 4a * * alinéas [0051], [0052]; figure 7 *	3-6,8	
Y	US 2007/296537 A1 (YOON SEUNGHWAN [US] ET AL) 27 décembre 2007 (2007-12-27) * abrégé; figures 5,9 *	3,4	
Y	WO 2006/002347 A1 (PEREGRINE SEMICONDUCTOR CORP [US]; BURGNER MARK L [US]; CABLE JAMES S) 5 janvier 2006 (2006-01-05) * page 17, ligne 1 - ligne 5; figures 3,10 *	5,6	
Y	US 2009/284339 A1 (CHOI TAE-HOON [KR] ET AL) 19 novembre 2009 (2009-11-19) * abrégé * * alinéas [0055], [0071] - [0073], [0094] - [0097]; figures 7,1,22,23 *	8	
A	US 2004/253939 A1 (CASTANEDA JESUS A [US] ET AL) 16 décembre 2004 (2004-12-16) * abrégé; figure 4 *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H01F H03H H01L
A	US 2011/128084 A1 (JIN JEAN [US] ET AL) 2 juin 2011 (2011-06-02) * alinéa [0048]; figure 10 *	1	
A	EP 0 836 203 A2 (NEC CORP [JP] NEC CORP NEC COMPOUND SEMICONDUCTOR [JP]) 15 avril 1998 (1998-04-15) * abrégé; figure 1 *	1	
A	US 5 742 213 A (REYNOLDS ROBERT L [US]) 21 avril 1998 (1998-04-21) * figure 11 *	1	
	-/-		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 octobre 2012		Rouzier, Brice	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 765852
FR 1255603

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
A	WO 2011/047000 A1 (MICROSEMI CORP [US]; JIN YALIN [US]; KRISHNAMURTHY VIKRAM [US]; HOOPER) 21 avril 2011 (2011-04-21) * abrégé; figure 5 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 octobre 2012		Rouzier, Brice	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1255603 FA 765852**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-10-2012**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 2008139131 A1	12-06-2008	AUCUN	
US 2007296537 A1	27-12-2007	US 2007296537 A1	27-12-2007
		US 2010237974 A1	23-09-2010
WO 2006002347 A1	05-01-2006	EP 1774620 A1	18-04-2007
		JP 4659826 B2	30-03-2011
		JP 2008504745 A	14-02-2008
		US 2006270367 A1	30-11-2006
		US 2012007679 A1	12-01-2012
		WO 2006002347 A1	05-01-2006
US 2009284339 A1	19-11-2009	KR 20090118605 A	18-11-2009
		US 2009284339 A1	19-11-2009
US 2004253939 A1	16-12-2004	AUCUN	
US 2011128084 A1	02-06-2011	CN 102640286 A	15-08-2012
		EP 2507832 A1	10-10-2012
		TW 201135902 A	16-10-2011
		US 2011128084 A1	02-06-2011
		WO 2011068913 A1	09-06-2011
EP 0836203 A2	15-04-1998	DE 69719899 D1	24-04-2003
		DE 69719899 T2	06-11-2003
		EP 0836203 A2	15-04-1998
		JP 10116732 A	06-05-1998
		US 6111465 A	29-08-2000
US 5742213 A	21-04-1998	AU 4754097 A	22-06-1998
		US 5742213 A	21-04-1998
		WO 9824177 A1	04-06-1998
WO 2011047000 A1	21-04-2011	US 2011128088 A1	02-06-2011
		WO 2011047000 A1	21-04-2011